

N° D'ORDRE : 135

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Paul BERNAUX

1^{re} THÈSE

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA BIOLOGIE DES GYMNOSPORANGIUM**

2^e THÈSE

Propositions données par la Faculté.

Présentées le 1^{er} Juillet 1955, devant la Commission d'examen.

MM. P. MATHIAS	<i>Président.</i>
L. EMBERGER.....	} <i>Examineurs.</i>
J. TROCHAIN.....	
G. KUHNHOLTZ-LORDAT.	

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, Rue Keppler, Paris-16^e

[1955]

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Paul BERNAUX

1^{re} THÈSE

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA BIOLOGIE DES GYMNOSPORANGIUM**

2^e THÈSE

Propositions données par la Faculté.

Présentées le 1^{er} Juillet 1955, devant la Commission d'examen.

MM. P. MATHIAS	<i>Président.</i>
L. EMBERGER.....	} <i>Examineurs</i>
J. TROCHAIN.....	
G. KUHNHOLTZ-LORDAT.	

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, Rue Keppler, Paris-16^e



A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A M. G. KUHNHOLTZ-LORDAT

Professeur honoraire à l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier.

A M. G. VIENNOT-BOURGIN

Professeur à l'Institut National Agronomique.

En témoignage de ma profonde gratitude

PREMIÈRE THÈSE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA BIOLOGIE
DES GYMNOSPORANGIUM

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA BIOLOGIE DES GYMNOSPORANGIUM ⁽¹⁾

PAR

P. BERNAUX

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Botanique
Centre de Recherches Agronomiques du Midi E.N.A., Montpellier

INTRODUCTION

A l'origine de ce travail se trouve la recherche du cycle de *Gymnosporangium fuscum* (= *sabinae*) ⁽²⁾ dans la région montpelliéraine du Languedoc méditerranéen. Cette Urédinée hétéroxène présente un réel intérêt d'une part, en raison de son abondance tant sur les Poiriers cultivés que sur les Poiriers spontanés de la garrigue montpelliéraine, d'autre part à cause de l'absence, dans notre région, de l'hôte classique de cette Urédinée : *Juniperus sabina*.

D'autres genévriers ont été signalés porteurs de ce Gymnosporangium ; nous avons voulu préciser le rôle respectif des espèces locales. Pour cela nous avons été conduit à une prospection poussée de ces conifères et des Rosacées autochtones ou cultivées de leur voisinage, et à étudier macroscopiquement, microscopiquement et expérimentalement à l'aide d'inoculations les diverses espèces de *Gymnosporangium* qu'ils hébergent.

Parallèlement à l'étude mycologique, nous avons mené une étude phénologique des Genévriers et Rosacées dans leurs rapports avec le parasite ; en particulier une étude anatomique du développement des feuilles des Rosacées nous a permis de préciser les conditions de pénétration du champignon et le stade de résistance de la feuille.

Enfin, l'Écologie a retenu notre attention en raison du rôle des conditions météorologiques sur la biologie des espèces de *G.* ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Ce mémoire constitue la thèse de Doctorat-ès-Sciences naturelles soutenue par P. BERNAUX, le 1^{er} juillet 1955 devant la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier.

⁽²⁾ Dans le texte courant nous ne répéterons pas les noms d'auteurs chaque fois que nous citerons une espèce. On voudra bien se reporter au chapitre consacré à cette espèce.

De plus, ainsi qu'il est de plus en plus coutume de le faire en mycologie, nous ne mettrons une majuscule au nom spécifique que lorsqu'il s'agira d'un nom de personne ; ainsi on écrira : *G. sabinae*, *G. Gaeumanni*.

⁽³⁾ Pour alléger la composition du texte nous remplacerons le terme *Gymnosporangium* par son initiale *G.*

Lieu et localisation de nos recherches

Lorsque nous avons entrepris ces études (1944) les moyens de déplacement ne nous permettaient pas d'avoir un grand rayon d'action. Cependant, comme on le verra par la suite, point n'était besoin d'aller à une grande distance pour avoir des problèmes à résoudre et pour pouvoir les solutionner. De plus, nos techniques de travail, sous la pluie, exigent des déplacements rapides à proximité des terrains d'expérimentation. Centrés sur Montpellier, nous avons prospecté les environs immédiats, où abondent Genévriers, Pomacées et *Gymnosporangium*.

La carte jointe situe quelques stations intéressantes en même temps qu'elle précise le rayon d'action que nous nous sommes fixé. Au début de nos recherches, ce rayon d'action a été faible en raison de la rapidité nécessaire des déplacements pendant la courte période d'observation. Par la suite nos prospections ont été étendues et limitées, comme l'indique la carte, aux fleuves : Hérault et Vidourle.

Conditions de travail

Bien que le stade du *G.* sur Genévrier soit perenne, sa période de fructification est de courte durée (mars-avril). Aussi est-ce à cette courte période de l'année que les prospections doivent être poussées et que l'expérimentation doit avoir lieu. C'est à cette époque que les Rosacées sont le plus sensibles ; c'est aussi à ce moment-là que les conditions climatiques conviennent à la dissémination et à l'infection des Rosacées. Toutes ces conditions obligent à une action rapide et profonde.

Le matériel récolté était utilisé à des inoculations sur des collections de Rosacées que nous avons réalisées en pleine terre et sur des individus en serre que nous avons constitués au laboratoire de Botanique et Pathologie végétale de l'Institut National de la Recherche Agronomique, annexé à la chaire de Botanique de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier.

Buts réalisés

Dans ces conditions nous avons pu répéter chaque année plusieurs cycles de *Gymnosporangium* et en particulier celui du *G. fuscum*, nouveau pour notre région. Nous avons également établi ceux de *G. gracile*, *G. confusum*, *G. clavariaeforme*, *G. tremelloïdes*.

Nous avons également précisé les conditions de pénétration du parasite à l'intérieur des tissus de l'hôte en fonction de l'épaisseur de la cuticule au cours du développement des feuilles.

Enfin nous avons pu mettre en évidence que les périodes d'infection

sont non seulement en relation avec l'épaississement de la cuticule, mais encore sous la dépendance étroite des conditions atmosphériques.

De toutes ces observations et recherches expérimentales découlent les périodes des traitements qui pourraient être appliqués aux Rosacées cultivées les années où les conditions de développement de ces Urédinées sont particulièrement favorables.

On a là une nouvelle preuve de la relation étroite qui doit exister entre la Recherche Scientifique et ses applications.

*
* *

Nos remerciements s'adressent plus particulièrement :

A M. G. KUHNHOLTZ-LORDAT qui fut notre premier Maître et nous a suggéré le sujet de ce mémoire et sous la direction duquel nous l'avons réalisé de 1943 à 1953 au laboratoire de Botanique et de Pathologie végétale de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier et qui nous a, à plusieurs reprises, donné de nombreux encouragements même après avoir pris sa retraite;

A M. le Professeur R. HEIM, Membre de l'Institut, dont l'autorité en mycologie est connue de tous et nous a toujours encouragé dans la voie que nous nous étions tracée en dépit de difficultés de tous ordres;

A M. le Professeur G. VIENNOT-BOURGIN, qui a consenti avec tant de bienveillance à lire ce travail sans avoir été consulté sur l'orientation des recherches et nous a fait bénéficier de sa haute compétence en matière phytopathologique ;

A M. le Professeur L. EMBERGER, Correspondant de l'Institut, qui, après nous avoir enseigné avec tant de persuasion et d'enthousiasme qu'il nous a attiré vers la Botanique, n'a jamais oublié son élève et a toujours fait preuve de compréhension pour la situation délicate dans laquelle il se trouvait et de tous temps nous a apporté son aide tant matérielle que morale;

Aux Membres du Jury, qui ont bien voulu nous faire bénéficier de leurs points de vue sur le sujet ;

A M. J. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique qui nous a facilité la réalisation de ce mémoire.

A M. le Professeur P. LIMASSET, d'abord notre Chef de Service à l'I. N. R. A., ensuite Professeur de Botanique à l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier, qui a bien voulu nous laisser mettre un terme à l'étude d'un sujet dans le choix et la conduite duquel il n'avait pas été pressenti;

A M. G. BUCHET, Inspecteur général de l'Agriculture, Directeur de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier, qui nous a aidé dans la réalisation matérielle de ce travail.

Nous remercions également M. K. de PUYSEGUR qui a exécuté pour nous quelques aquarelles de ce mémoire.

Nos remerciements vont enfin à nos camarades du laboratoire de Botanique : P. RENAUD, J.-P. BARRY ;

A ceux de l'Institut de Botanique de Montpellier : R. NOZERAN, A. BONNET, P. MONNIER,

et à tous ceux, de près ou de loin, qui nous ont encouragé dans un travail réalisé au milieu de multiples difficultés matérielles, qui ne fut pas toujours sans déceptions, en raison même de son caractère purement biologique, c'est-à-dire sous la dépendance du milieu.

PREMIÈRE PARTIE

LE GENRE GYMNOSPORANGIUM LE MILIEU MÉDITERRANÉEN LES TECHNIQUES

CHAPITRE PREMIER

LE GENRE GYMNOSPORANGIUM

I. — HISTORIQUE

La famille des Urédinées à laquelle appartient le genre *Gymnosporangium* est essentiellement composée de champignons parasites nécessaires (ou parasites obligés, selon l'expression de F. MOREAU (1952, p. 254)), qui ont de tous temps attiré l'attention des agriculteurs et des mycologues, soit en raison de leur aspect caractéristique qui a fait donner le nom de « Rouille » aux maladies qu'ils provoquent, soit en raison des ravages qu'ils causaient.

Les rares documents fossiles nous indiquent que des champignons ont existé aux périodes antérieures à l'époque actuelle. Cependant la plupart des espèces trouvées ont reçu une dénomination douteuse et ne sont rapprochées qu'avec doute des genres et même des familles actuelles. Ainsi le genre *Teleutosporites* créé pour des espèces du Carbonifère rappelant des Pucciniacées est aujourd'hui abandonné (WOLF et WOLF). Les *Aecidites* et *Puccinites* du Crétacé et du Tertiaire sont certainement plus valables en tant que genres à rapprocher des Urédinées. Les investigations dans ce domaine sont tout à fait insuffisantes, c'est ce qui ressort des travaux de SACCARDO, ARTHUR et *al.*, EMBERGER, WOLF et WOLF, BULLER, F. MOREAU... D'ailleurs la conservation des téliosores gélatineux de *Gymnosporangium*, milieu favorable à la pullulation des microorganismes, semble peu probable au cours des périodes géologiques. Le stade écidien plus enfoncé dans les tissus se conserve mieux et les *Aecidites* sont fréquents.

ARTHUR (1929) passe en revue et discute les divers documents bibliques qui traitent de « dégâts » sur les récoltes sans toutefois pouvoir les attribuer avec certitude à des Urédinées.

A partir de l'époque romaine, les auteurs latins font état de cultes célébrés pour s'attirer la clémence des dieux dans les épiphyties désas-

treuses pour les récoltes. Les plus célèbres de ces cultes sont les « Robigalia » (Robigo = rouille). Les auteurs grecs de la même époque font eux aussi état d'épidémies de rouilles, qu'ils désignent sous le nom de « ερυσιζή ».

Aucune attention n'est apportée aux maladies pendant le Moyen Age. C'est seulement au XVII^e siècle que, de plusieurs sources, on note les dégâts dus aux Rouilles, mais seule l'utilisation du microscope permettra un avancement des connaissances dans ce domaine.

En effet, les premières représentations d'Urédinées et plus particulièrement de *Gymnosporangium* datent de MALPIGHI (1675) qui a observé et dessiné sous le nom de « fleurs » des tumeurs écidifères (rapportées au *G. clavariaeforme* par ARTHUR) sur des rameaux de *Crataegus oxyacantha*. MALPIGHI avait également observé les mycocécidies sur feuilles.

EN 1729 MICHELI crée le premier genre d'Urédinées : *Puccinia* pour dénommer les téliospores du *G. clavariaeforme* sur *Juniperus*. Par la suite ce terme sera réservé à des espèces du type *Puccinia graminis*.

LINNE (1753) décrit quelques champignons ; parmi ceux-ci *Tremella* (Byssus 1737) appartient aux *G.* : *T. juniperina* L.

PERSOON (1794), le premier, classe les champignons. Il les groupe en *Angiothecium* et *Gymnothecium*. Dans le premier groupe il classe les nouveaux genres qu'il crée : *Aecidium*, *Uredo* ; il conserve le genre *Puccinia* qu'il place dans les *Gymnothecium*. En 1797 des commentaires sur son précédent article lui font mettre ensemble *Puccinia*, *Aecidium* et *Uredo*. C'est le premier groupement de ces trois genres appartenant à la même famille. En 1801 il publie le *Synopsis methodica fungorum* qui reste, de nos jours, la base de la nomenclature des Urédinées, Ustilaginées et Gastéromycètes. Il sépare la famille naturelle des Urédinées dans laquelle il conserve le genre *Puccinia* (qui englobe, entre autres, les *Gymnosporangium*). Il décrit plusieurs stades écidien qui sont aujourd'hui rattachés aux *Gymnosporangium* :

Aecidium penicillatum Pers. (*G. juniperinum* (L.) Mart.),

Aecidium cornutum Pers. (*G. aurantiacum* Chev.)

et pour les stades téliens :

Puccinia juniperi Pers. (*G. sabinae* (Dicks.) Wint.).

REBENTISCH (1804) établit le genre *Roestelia* pour des écidies à pseudopéridum allongé s'ouvrant latéralement par des fissures. Ce genre est caractéristique des écidies de *G.* Le stade écidien n'étant pas à la base de la nomenclature en Urédinologie, les dénominations des *Roestelia* sont en synonymie ou ne servent à désigner une espèce que tant que le stade télien n'a pas été trouvé.

A. P. De CANDOLLE dans la *Flore française*, par De LAMARCK et De CANDOLLE (1805-1815) divise la famille des champignons en deux ordres : *Gymnocarpi* et *Angiocarpi*. Ce second ordre comprend, entre autres, les

Urédinées avec le genre *Gymnosporangium* qu'il crée d'après un manuscrit inédit de HEDWIG f. (1772-1806) en donnant les caractères suivants : « Les gymnosporanges offrent une masse gélatineuse à la surface de laquelle se trouvent des péricarpes composés de deux loges coniques appliquées par leurs bases et qui se séparent l'une de l'autre à leur maturité ; ces péricarpes sont placés au sommet de filaments (pédicelles) foibles et menus qui partent de la base et traversent la masse gélatineuse. Les plantes de ce genre sont toutes parasites sur l'écorce des diverses espèces de genévriers. »

(Extrait de : *Flore française*, 3^e édition, par De LAMARCK et De CANDOLLE, 1805-1815, tome II, p. 216.)

De CANDOLLE, décrit ensuite : *G. conicum* Hedw., *G. fuscum* DC., *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. — Par ailleurs (tome II, 1815, p. 247) il décrit *Aecidium cornutum* Pers., *Ae. laceratum* Sow. et *Ae. cancellatum* Pers. Les rapprochements entre ces stades seront faits plus tard. Dans le tome V, De CANDOLLE décrit *Ae. amelanchieris* DC., *Ae. mespili* DC., *Ae. oxyacanthae* Pers. et ses variétés : a) *mespili oxyacanthae* DC. et b) *mespili azaroli* DC., *Ae. laceratum* Sow. et ses var. : a) *pruni-sylvestris* DC., b) *crataegi ariae* DC. et c) *crataegi chamaemespili* DC.

A partir de 1832, FRIES et de nombreux mycologues établissent les bases de la mycologie actuelle, étudiant, créant et classant de nombreuses espèces. FRIES (1829) classe les Urédinées dans les Hypodermii (Entophyti) et les considère comme des champignons inférieurs. Il accepte le genre *G.* et donne les caractères suivants qu'il affecte aussi aux *Podisoma* :

Sporidia pellucida uniseptata, pedicellata, stromati adnata gelatinaque in sporangium nudum expanso difforme undulatum conglutinata.

Il cite : *G. juniperinum*, *G. sabinum*, *Podisoma juniperi-virginianae*, *P. juniperi-communis*, *P. juniperi-sabinae*.

LEVEILLE (1839) divise les Urédinées en « trois petites familles » qui lui permettent de séparer les Ustilaginées :

- Aecidinées : *Roestelia*, *Aecidium*, *Peridermium*, *Endophyllum* ;
- Urédinées : *Puccinia*, *Uredo*, *Gymnosporangium*, *Podisoma*...
- Ustilaginées : *Ustilago*, *Sepedonium*...

Ce même auteur en 1847 incorpore les Ustilaginées aux Urédinées et divise ce groupe en deux sections :

- Urédinées sans cystides : *Uromyces*, *Cystopus*, *Uredo*, *Ustilago*...
- Urédinées pourvues de cystides : *Lecythea*, *Physonema*...

TULASNE (1847) compare les Ustilaginées et les Urédinées et sépare nettement ces deux familles. En ce qui concerne les Urédinées, son attention est attirée par la cohabitation de la forme *Uredo* avec différentes autres formes. En 1854, il coordonne les nombreux genres d'Urédinées après avoir discuté les diverses observations des auteurs précédents en particulier au sujet du polymorphisme (*Uredo* et *Puccinia* par exemple).

Il groupe dans les Urédinées tous les genres qui en font partie aujourd'hui ; il y inclut aussi le genre *Cystopus*, mais exclut les Ustilaginées.

Il divise les Urédinées en six tribus :

- Albuginei : *Cystopus* ;
- Aecidinei : *Aecidium*, *Roestelia* ;
- Melampsorei : *Melampsora*, *Coleosporium* ;
- Phragmidiacei : *Phragmidium*, *Puccinia*, *Uromyces* ;
- Puccinieï : *Podisoma*, *Gymnosporangium* ;
- Cronartiei : *Cronartium*.

Comme le fait remarquer HARIOT (1908, p. 92) les *Gymnosporangium* et *Podisoma* sont groupés dans les Puccinieï, alors que les *Puccinia*, morphologiquement proches sont placés dans les Phragmidiacei.

D'autre part, TULASNE entrevoit les affinités des *Podisoma* avec les Tremelles.

Les travaux de De BARY apportent une grande clarté dans la compréhension de l'organisation et du cycle des Urédinées ; en particulier, selon cet auteur, toutes les espèces de cette famille ont cinq types d'organes reproducteurs. Il considère les spermogonies comme des organes mâles, mais n'apporte aucune confirmation. Il envisage l'alternance d'hôtes pour une même espèce et crée les termes : autoïque et hétéroïque (1865).

OERSTED (1865) par des inoculations artificielles confirme les hypothèses de EUDES-DESLONGCHAMPS sur les relations entre la rouille de la Sabine et celle du Poirier ; en 1867 il réalise une expérience semblable avec *Roestelia cornuta* et *G. aurantiacum* et avec *R. lacerata* et *G. clavariforme*.

En 1866 De BARY et OERSTED rapportent les relations de plusieurs autres espèces d'Urédinées.

FARLOW (1880) donne la liste des *G.* des États-Unis. Il décrit d'une part les stades téliens, d'autre part les stades écidien. En conclusion il donne les rapports qui existent entre ces stades pour les espèces américaines.

Le *Sylloge fungorum* de P. A. SACCARDO (vol. VII, II^e partie) reproduit les diagnoses originales des espèces décrites et classe les Urédinées en Amerosporae, Didymosporae (*Gymnosporangium*, *Puccinia*...), Phragmosporae et Dictyosporae pour les stades téliens. Par ailleurs, les divers genres des stades écidien non rattachés à une forme basidiosporée sont réunis dans les *Uredineae inferiores*. Ainsi sont décrites huit espèces de *Gymnosporangium* (téleutospores et écidiospores) et un certain nombre d'écidies non rattachées, en particulier, *Roestelia cydoniae* (Lenorm.) Thum.

SCHROETER (1889) considère les *G.* comme un groupe individualisé (Gymnosporangiei) en raison du groupement des spores en un sore gélatineux et volumineux.

FLOWRIGHT (1889) reconnaît l'homologie des télisporés des Urédi-

nées et des chlamydospores des Ustilaginées. Dans cette monographie des Urédinées de Grande-Bretagne il détache en particulier l'espèce *G. confusum* du *G. sabinae*.

POIRAULT et RACIBORSKI (1895), SAPPIN-THOUFFY (1896) ouvrent l'étude cytologique des Urédinées.

DIETEL (1900) puis MAIRE (1902) et FISCHER (1904) distinguent plusieurs familles qui ne sont plus admises aujourd'hui.

Ed. FISCHER poursuit jusqu'en 1931 des recherches sur les Gymnosporangium et plus particulièrement sur ceux de la région méditerranéenne. La famille des Pucciniaceae est divisée en trois sous-familles (Unterfamilien) parmi lesquelles se trouve celle, monotypique, des Gymnosporangieae. Cet auteur reconnaît donc une individualité à ce groupe.

BLACKMAN (1904) observe la conjugaison dans les téléutospores, en particulier sur *G. clavariaeforme*.

ARTHUR (1906) décrit trois familles : Coleosporiaceae, Uredinaceae, Aecidiaceae (les *G.* deviennent des *Aecidium*).

MC ALPINE (1906) considère trois familles : Pucciniaceae, Cronartiaceae, Coleosporiaceae. Il place les *G.* dans les Pucciniaceae, mais ne cite aucune espèce en Australie.

HARIOT (1908) suit la classification de DIETEL. Il place les *G.* dans les Pucciniacées et décrit les espèces françaises.

TROTTER (1908) se rallie aussi à l'opinion de DIETEL.

P. et H. SYDOW (1904-1912) considèrent chez les Urédinées trois familles : Pucciniaceae, Melampsoraceae, Coleosporiaceae.

GROVE (1913) reconnaît les Impedicellatae (à téléutospores sessiles) et les Pedicellatae (à téléutospores pédicellées : Pucciniaceae).

En 1915, KURSANOV montre que les rudiments écidien sont d'abord uninucléés puis binucléés (*G. juniperinum* et *G. aurantiacum*) sans en donner d'explication.

FRAGOSO (1924) se rallie à la classification générale de DIETEL (1900) et distingue cinq familles : Pucciniaceos (avec la tribu des Gymnosporangios), Melampsoraceos, Cronarciaceos, Coleosporiaceos et Zaghouaniaceos.

De plus cet auteur scinde l'espèce *G. oxycedri* Bres. entre *G. clavariaeforme* et *G. confusum*. Nous verrons plus loin ce que nous en pensons.

GÄUMANN (1925) adopte la classification de DIETEL (1900) en quatre familles.

En 1928, DIETEL publie in *Engler Prantl* une révision de la classification des Urédinées et considère seulement deux familles avec un grand nombre de tribus :

— Melampsoraceae ;

— Pucciniaceae (avec entre autres la tribu des Gymnosporangieae).

ARTHUR (1929) divise les Urédinales en Melampsoraceae et Pucciniaceae (entre autres Aecidieae : *Puccinia*, *Gymnosporangium*), divisions qu'il conservera dans son *Manual of the Rusts in United States and Canada*, en 1934.

CRAIGIE (1927) découvre le rôle des pycnides dans le cycle des Urédinées. Ses expériences portent sur *Puccinia helianthi* et sur *P. graminis*.

En ce qui concerne les *Gymnosporangium*, HANNA (1929), MILLER (1932), KAWAMURA (1934) et BULLER (1950) font la preuve de l'hétérothallisme de quelques espèces.

ARNAUD, dans son traité de Pathologie végétale (1931) fait une mise au point des connaissances des *G.* en France et plus particulièrement dans la région méditerranéenne. Nous reprendrons ses observations dans l'étude de chaque espèce.

VIENNOT-BOURGIN (1949) distingue cinq familles parmi lesquelles les Pucciniacées renferment le genre *G.* à téléutospores bicellulaires à plusieurs pores germinatifs et à pédicelle gélatineux.

BULLER (1950) étudie le cycle complet et la cytologie du genre à l'aide, principalement, d'espèces américaines.

BESSEY (1952) adopte la classification de DIETEL en deux familles

F. MOREAU (1953) fait deux groupes chez les Urédinées : Pucciniées et Coléosporinées ; les premières contiennent les *Gymnosporangium*.

SAVULESCU (1953) fait une révision rapide des principales classifications et adopte celle de DIETEL (1928).

*
* *

Quels que soient les auteurs qui ont envisagé une classification à l'intérieur de la famille des Urédinées, le genre *G.* est toujours classé dans les Pucciniaceae. Pour certains, même, c'est le type d'une tribu, celle des *Gymnosporangiae* créée par SCHROETER (1889).

Les Pucciniaceae selon DIETEL (1928) sont caractérisées par :

Écidies entourées d'un péridium, parfois rudimentaire ou absent, mais alors remplacé par un cercle de paraphyses. — Urédospores en général isolées ; paraphyses autour du sore. — Téléutospores de formes diverses, uni-, bi-, ou multicellulaires, en général pédicellées, plus rarement sessiles.

Quant à la tribu des *Gymnosporangiae* ses caractères sont les suivants :

Pycnides en groupes ; Écidies avec péridium du type *Roestelia*. — Urédospores inconnues (sauf pour deux espèces : l'une américaine : *G. nootkatense*, l'autre européenne : *G. Gaeumanni*). — Téléutospores en général bicellulaires avec de longs pédoncules devenant mucilagineux.

Écidies se formant sur Rosacées-Pomoidées, et téléutospores sur Cupressacées.

Le genre unique de cette tribu correspond à la diagnose suivante : *Gymnosporangium* Hedw. f.

Pycnides subépidermiques, épiphylls, enfoncées, sphériques ou ovales avec orifice conique muni de paraphyses, l'extrémité jaunâtre ou orangé puis noirâtre (mort).

Écidies avec pseudopériidium se déchirant d'une façon caractéristique (terminale ou latérale) en lanières ou réticulé, ovale, en forme de bouteille ou cylindrique, rarement cupuliforme. Écidiospores en chaîne, sphériques ou ellipsoïdes avec membrane verruqueuse de couleur brun-châtain, plus rarement incolore avec de nombreux pores germinatifs.

En général sur les Pomoidées.

Urédospores connues chez deux espèces ; épispore verruqueuse, pores bien distincts.

Téléutospores folicoles ou ramicoles, fortement différents selon qu'ils sont secs ou humides et gélatineux, jaunâtre à brun-châtain. Téléutospores en général bicellulaires (quelques espèces ont deux à cinq cellules) de formes différentes (ellipsoïdes, allongées, fusiformes) enrobées dans un dépôt gélatineux ou cartilagineux ; plus ou moins rétrécies à la cloison ; lisses. Dans chaque cellule deux pores germinatifs (plus rarement 1 ou 3 à 7) ; deux types de téléutospores : spores jaune pâle allongées et intérieures à la masse du sore, et spores brun foncé, plus isodiamétriques situées à la périphérie du sore. Pédicelle incolore, très long se gélifiant et participant à la formation de la masse gélatineuse.

Plus de 60 espèces dont une autoïque : *G. bermudianum* (Tarl.) Earl. ; les autres hétéroïques avec écidies (*Roestelia*) sur Rosacées-Pomoidées en général (exceptions : *Philadelphus*, *Fendlera*, *Myrica*) ; téliospores sur Cupressacées (*Juniperus*, *Cupressus*) ⁽¹⁾.

Ce bref historique qui nous a conduit à la diagnose ci-dessus, n'avait pour but que de placer le genre *G.* dans la famille des Urédinées. Nous considérons ce genre comme bien individualisé morphologiquement et biologiquement. C'est ce que nous voudrions faire ressortir au cours de ce travail.

II. — LIMITATION DU GENRE GYMNOSPORANGIUM

Les caractères précédents limitent nettement, à notre avis, les espèces de *G.* Cependant ces espèces ne sont pas isolées et quelques autres genres d'Urédinées sont voisins.

(1) Bien que *Philadelphus*, *Fendlera*, et *Myrica*, soient plantés dans notre région, nous ne les avons pas retenus pour nos études ; ce ne sont que des hôtes d'espèces américaines.

Un des caractères, admis pour ce genre était l'absence d'Urédospores qui en faisait une opsis-Urédinée, selon les Européens ou une macrocyclique demicyclique selon ARTHUR. SYDOW (1921) avait créé un nouveau genre *Gymnotelium* pour l'espèce *G. nootkatense* (Trel.) Syd. (= *Gymnosporangium nootkatense* Trel.) caractérisée par la présence d'Urédospores. ARTHUR (1929) reconnaît l'existence de ce nouveau genre et y inclut les espèces de *Gymnosporangium* à écidies cupulées afin d'appuyer ce genre davantage sur la morphologie écidienne que sur la présence ou l'absence d'Urédospores. Il crée alors deux nouvelles combinaisons basées seulement sur l'écidie, car ces espèces n'ont pas d'urédospore :

Gymnotelium blasdaleanum (Diet. et Holw.) Arthur (= *Gymnosporangium libocedri* (Henn.) Kern).

Gymnotelium myricatum (Schw.) Arthur (= *Gymnosporangium ellisii* (Berk.) Farl.).

En 1934, ARTHUR ne conservera plus cette distinction et ne considérera *Gymnotelium* que comme une section de *Gymnosporangium* en se basant toujours sur la morphologie écidienne.

C'est ce qu'admet aussi HIRATSUKA (1936).

ZOGG a récemment décrit (1949) une nouvelle espèce avec urédospores : *Gymnosporangium Gaeumannii* sur *Juniperus nana* qui vient d'être également trouvée en France (GÄUMANN, 1954).

L'existence d'urédospores ne doit pas être considérée comme un caractère suffisant pour la création d'un genre. Des conditions locales pourraient vraisemblablement intervenir dans la production de ces organes, d'ailleurs sans grande utilité puisque le mycélium diploïde est perenne sur le genévrier. Cependant pour certaines espèces la perennité est de courte durée (*G. juniperi-virginianae* : 2 ans).

Toutes les espèces de *G.* sont hétéroxènes à l'exception d'une espèce (américaine) *G. bermudianum* (Farl.) Earl. dont on connaît les écidies, à pseudopéridium non hygrosopique, et les téliosores portés par les mêmes galles sur *Juniperus barbadensis* L. et *J. virginiana* L. On ne connaît pas de pycnides à cette espèce. BULLER (VII, p. 396) pense que *G. bermudianum* est homothallique.

De nombreux autres genres hétéroïques d'Urédinées font leur cycle entre des Angiospermes-dicotylédones et des Gymnospermes, mais leur cycle est inversé. En effet chez *G.* la gymnosperme porte le stade télien alors que l'angiosperme porte le stade écidien. Chez les autres genres, c'est l'inverse qui a lieu ; par exemple : *Coleosporium*, *Pucciniastrum*, *Melampsorella*, *Cronartium*.

A côté de ce caractère qui éloigne les *G.* des autres Urédinées, d'autres caractères morphologiques ou biologiques, au contraire les rapprochent de plusieurs genres.

Par leur téliospore bicellulaire, les *G.* se rapprochent des *Puccinia*, c'est ce qui les classe dans les Pucciniacées.

Cependant la présence de substances gélatinoïde sur les pédicelles et pour certains à la surface même des téliospores, n'est pas un caractère spécial à ce genre. La substance gélatineuse peut, soit être formée à la surface de la spore (pédicelle compris), soit former une masse à l'intérieur de laquelle les spores se forment. Voici quelques genres d'Urédinées avec la répartition de la gélatine (descriptions empruntées en partie à THIRUMALACHAR et MUNDKUR)

Acrotelium Sydow 1928, a des spores légèrement hygroscopiques.

Anthomycetella H. et P. Sydow 1916. Spores à membrane gélatineuse.

Cleptomyces Arthur 1918. Spores à plusieurs membranes dont l'externe est hygroscopique.

Coleopuccinia Pat. 1889. Les téliospores (à une ou deux cellules) sub-épidermiques sont enfoncées dans une masse gélatineuse. Les pédicelles se gélatinisent à maturité et les spores germent sur place. C'est un caractère semblable à celui des *G.* PATOUILLARD met ce genre entre *G.* et *Uropyxis*. DIETEL le place aussi à côté de *G.*

Coleosporium Lev. 1847. Télisosores gélatineux à la germination.

Goplana Raciborski 1900. Téliospores enrobées dans une masse gélatineuse. Cette espèce se rapproche beaucoup des Tremelles.

Gymnopuccinia Ramakrishnan 1951. Téliospores sortant en colonne ; elles sont enrobées dans une matrice gélatineuse, les pédicelles étant aussi gélatineux.

Gymnotelium Sydow 1921. Comme nous l'avons vu plus haut, ce genre a été créé par SYDOW pour une espèce en tous points semblables à *G.* mais présentant en plus des urédospores. Il est aujourd'hui mis en synonymie de *G.*

Hamaspora Koern 1877. Pédicelle légèrement gélatineux. L'espèce qui avait motivé la création de ce genre, *H. ellisii* K. a été mise en synonymie de *G. ellisii* (Berk.) Farl.

Masseella Diet. 1895. Les téliospores sont émises dans une gelée formant une urne, ce qui rapproche ce genre des *Endophyllum*.

Phragmidium Link 1816. Certaines espèces, celles appartenant à la section *Euphragmidium* ont un pédicelle hygroscopique gonflant à la partie inférieure.

Phragmopyxis Diet. 1897. Paroi cellulaire gélatineuse.

Prospodium Arth. 1907. Pédicelle hyalin ou teinté, souvent hygroscopique.

Puccinia Pers. 1794. Certaines espèces ont également des spores hygroscopiques : par exemple *P. buxi*, *P. asphodeli*.

Trichopsora Lag. 1891. Spores enrobées dans une gelée.

Trochodinium Syd. 1919. Pédicelle hyalin gonflant dans l'eau en formant un ballon au-dessous du point d'attache de la spore.

Uromyces Link 1816. Gonflement limité au pore germinatif. Cette observation est, à notre avis, en rapport seulement avec la germination.

Uropyxis Schr. 1875. Membrane externe de la spore hygroscopique. Ce genre selon PATOUILLARD (1889) serait intermédiaire entre *G.* et *Puccinia*.

Cependant ces ressemblances ne se bornent pas à d'autres membres de la famille des Urédinées. En effet chez les Septobasidiacées, le genre *Uredinella* a des basides à aspect de téléutospore ; on rencontre parfois une transformation en promycelium interne comme chez des Urédinales, ce qui est général chez les Auriculariacées.

III. — CYCLE ÉVOLUTIF DES GYMNOSPORANGIUM

Les *Gymnosporangium*, nous l'avons déjà dit, à l'exception d'une espèce américaine, sont hétéroïques. Leur cycle se fait sur des hôtes de position systématique éloignée : une Gymnosperme et une Dicotylédone. Le diplonte est ici très exigeant puisqu'il lui faut un hôte des genres *Juniperus* ou *Cupressus* (tous deux appartenant aux Cupressacées) ; l'haplonte au contraire est plus polyphage puisqu'il parasite des espèces et des genres différents appartenant cependant à la même tribu des Pomoïdées. Le chimisme des hôtes intervient. Il est probable que l'on retrouve chez les diverses Pomoïdées des composés chimiques voisins (réactions sérologiques ?). Ainsi dans nos régions : *Crataegus*, *Cydonia*, *Amelanchier* et même *Pyrus* peuvent être parasités par *G. clavariaeforme* dont le diplonte est spécifique de *Juniperus communis*. Au contraire, *G. fuscum* se limite au *Pyrus* s. s. pour le stade écidien ; le stade télén se rencontre sur plusieurs espèces de *Juniperus*.

Le cycle évolutif le plus répandu des *G.* comprend :

1° Un stade diploïde sur Cupressacées. Ce stade généralement vivace sur les rameaux provoque des déformations. La perennité du mycélium remplace les urédospores, généralement absentes dans ce genre. Sur ces déformations se forment les téliosores dont les spores ou probasides donnent en germant les basides puis les basidiospores qui infecteront les Rosacées.

2° Un stade haploïde sur Rosacées. Ce stade comporte les Spermogonies puis les écidies. Il provoque des déformations variables sur les organes chlorophylliens ; sur ces déformations apparaissent les écidies caractéristiques dont les écidiospores infecteront la Cupressacée.

C'est ce type de cycle que l'on rencontre le plus fréquemment : par

exemple *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC., *G. aurantiacum* Chev., *G. fuscum* DC., *G. gracile* Pat.

D'autres espèces ont des cycles différents :

S-I-II-III ⁽¹⁾. — *G. nootkatense* (Trel.) Arth. (= *Gymnotelium n.* Syd.) possède des Urédospores follicoles qui participent à la propagation de la maladie sur *Chamaecyparis nootkatensis* (Lamb.) Spach. (= *Cupressus n.*). De ce fait la répartition de cette espèce n'est plus tributaire de celle de l'hôte écidien (*Malus*, *Pyrus*, *Sorbus*) ; elle peut donc se rencontrer et se maintenir sur le *Cupressus* même en l'absence de la Pomacée. Cette espèce possède donc tous les stades d'une Urédinée complète.

II-III. — *Gymnosporangium Gaeumanni* Zogg (1949) possède aussi des urédospores follicoles. On ne connaît pas, à ce jour, l'hôte écidien. Elle est donc provisoirement incomplète. L'existence des urédospores ne rendant pas nécessaire la présence de l'hôte secondaire pour la conservation de la maladie, il est possible que cet hôte ne se trouve pas dans le voisinage. Lorsqu'on l'aura trouvé, cette espèce sera, comme la précédente, une Urédinée complète.

III. — *G. cupressi* Long. et Goodd. Connue seulement par ses téliospores provoquant des déformations sur les tiges de *Cupressus arizonica* Greene.

G. minus Crowell (1940), connu de Grèce sur *Cupressus sempervirens* L.

I-III. — *G. bermudianum* (Farl.) Earle est une espèce autoïque sur *Juniperus barbadensis* L., *J. virginiana* L., *J. bermudiana* L. et *J. lucayana* Britt. En effet on a rencontré successivement les écidies (mais pas de spermogonies) et les téliosores sur les mêmes galles de genévriers. Son extension est liée essentiellement à celle de ses hôtes et en rapport avec ses exigences climatiques.

S-I. — Enfin il existe des stades écidien que l'on a rapportés au genre *G.* ; *G. hyalinum* (Cooke) Kern. connu seulement sous les stades spermogonies et écidies sur diverses espèces de *Crataegus*.

IV. — RÉPARTITION

KERN (1911) a étudié la répartition des espèces aux États-Unis. Il la considère sous la dépendance de plusieurs facteurs : distribution des hôtes et rapport de voisinage d'un hôte par rapport à l'autre ; il conclut, à une époque où la prospection n'avait pas été aussi poussée que de nos jours, à la répartition des *G.* dans l'hémisphère Nord. Il remarque encore que la plupart des Pomacées hôtes de ces parasites se trouvent dans l'hémisphère Nord. De plus, il explique l'abondance des espèces de *G.* en Amé-

⁽¹⁾ Nous utilisons cette dénomination des organes reproducteurs : S = Spermogonie ; I = écidies ; II = urédosores ; III = téliosores.

rique du Nord par le plus grand nombre d'espèces de genévriers dans cette région.

En 1940 CROWELL étudie la répartition géographique des espèces de *G.* dans le monde ; l'une de ses principales conclusions, confirmant dans ce sens celle de KERN, est l'extension du genre dans l'hémisphère Nord et plus particulièrement dans la portion tempérée. Chacun des grands continents contient une flore de *G.* distincte avec l'exception de trois « grandes espèces tricontinentales » : *G. aurantiacum* Chev., *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC., *G. juniperinum* (L.) Mart.

TABLEAU A

Répartition des espèces européennes de *Gymnosporangium*

Gymnosporangium	J. Juniperus. C. Cupressus.	Pomacées	France	Europe	Afr. Nord
<i>amelanchieris</i> (DC) Fisch	J. communis.	Amelanchier.	+	+	
<i>aurantiacum</i> Chev.	J. communis. J. conferta. J. rigida. J. sibirica.	Sorbus. Pyrus serotina. Amelanchier.	+	+	+ (Buller)
<i>clavariaeforme</i> (Jacq.) DC	J. communis. J. nana. J. oxycedrus. J. phoenicea. J. hibernica.	Crataegus. Cotoneaster. Amelanchier. Sorbus. Cydonia.	+	+	+
<i>clavipes</i> C et P	J. communis. J. sibirica. J. virginiana.	Amelanchier. Crataegus. Cydonia. Malus.		Lusitania (Cunha)	
<i>confusum</i> Plowr.	J. sabina. J. virginiana.	Crataegus. Cotoneaster. Cydonia. Mespilus.	+	+	+
<i>fusisporum</i> Fisch.	J. sabina.	Cotoneaster.		+	+ Maroc
<i>Gaeumanni</i> Zogg	J. nana.	?	+	+ Suisse	
<i>gracile</i> Pat.	J. oxycedrus.	Crataegus. Cydonia.	+	+ ?	+
<i>juniperinum</i> (L.) Mart.	J. communis. J. nana.	Pyrus. Malus. Sorbus.	+	+	
<i>malyi</i> Picb.	?	Cr. monogyna.		+ Bosnie	
<i>minus</i> Crowell	C. sempervirens.			+ Grèce	
<i>orientale</i> Syd.	?	Crataegus.		+	
<i>sabinae</i> (Dicks.) Wint.	J. sabina. J. virginiana. J. chinensis. J. japonica. J. phoenicea. J. excelsa. J. oxycedrus.	Pyrus.	+	+	
<i>tauricum</i> Eriks.	J. phoenicea.	Crataegus. Cydonia. Sorbus.	+ ?	+ Crimée	
<i>torminali-juniperinum</i> Fisch. ...	J. communis.		+	+	
<i>turkestanicum</i> Tranzsch.	J. turkestanica.			+	

La répartition des *G.* est avant tout fonction de la répartition de leurs hôtes. En effet CROWELL distingue :

A : les espèces qui occupent tout le territoire couvert par la superposition de leurs hôtes (*G. libocedri*, *G. kernianum*...)

B : les espèces qui occupent moins que tout le territoire de superposition des hôtes :

1^o Espèces confinées à la répartition de leur hôte primaire (télien), dont la présence est obligatoire : *G. juniperi-virginianae*...

2^o Espèces confinées à une portion de zone d'intrication des hôtes (facteurs climatiques et périodes de sensibilité des hôtes) : *G. corniculans*.

3^o Espèces largement distribuées non limitées par leurs hôtes : *G. aurantiacum*, *G. clavariaeforme*, *G. juniperinum* ; leur hôte télien *J. communis* est très répandu et leurs hôtes écidien sont très nombreux et divers.

*
* * *

On voit par là que l'étude des *G.* a été l'objet d'un grand nombre de travaux. Cependant, ainsi que nous l'avons dit dans l'introduction, de nombreux cycles restent encore imprécis, et, plus particulièrement dans notre région, les problèmes qui restent à résoudre sont nombreux. Nous citerons par exemple l'ignorance, dans notre région, de l'hôte télien du *G. fuscum* pourtant abondant sur le Poirier et que nous avons pu déterminer expérimentalement ; les hôtes écidien de plusieurs espèces étaient mal connus. Ce sont ces problèmes que nous avons essayé de résoudre et que nous rapportons ici.

CHAPITRE II

LES ESPÈCES DE GYMNOSPORANGIUM
ET LE MILIEU MÉDITERRANÉEN

En ce qui concerne notre étude, le milieu méditerranéen comprend, en premier lieu, la végétation puisque les *G.* sont des parasites obligatoires de plantes supérieures, et en second lieu, le climat qui régit l'évolution de ce genre de champignons.

Nous donnerons donc dans ce chapitre, d'une part quelques considérations générales sur le milieu méditerranéen, sur les rapports qui existent entre ce milieu et les espèces méditerranéennes de *G.* Ensuite nous ferons le point des études qui ont été faites dans la région, et par suite des problèmes qui se sont posés à nous et que nous avons tenté de résoudre.

I. — LA VÉGÉTATION

La végétation de la région méditerranéenne et plus particulièrement de la région montpelliéraine a été depuis longtemps étudiée par les nombreux et éminents botanistes qui se sont succédés à l'École de Montpellier. Il sortirait du cadre de ce travail de faire un historique de ces études. Nous citerons cependant : BRAUN-BLANQUET, EMBERGER, FLAHAULT, KUHN-HOLTZ-LORDAT, LORET et BARRANDON...

La diversité du milieu et surtout la succession des flores depuis le niveau de la mer jusqu'aux Cévennes (1 200-1 500 m) en 80-100 km a permis de nombreuses et intéressantes études.

Nous donnerons ici les hôtes des *G.* de la région. Leur étude complète sera faite aux chapitres réservés à l'étude des parasites qu'ils hébergent.

1. — Hôtes téliens

Certains travaux anciens (REESS) font état de *G.* sur divers *Pinus* ; plus récemment, CROWELL (1940) décrit de Grèce *G. minus* comme la seule espèce européenne sur *Cupressus* ; à ce jour il ne nous a pas été donné d'observer de tels cas et tous les hôtes téliens de notre région appartiennent au genre *Juniperus*. Ce genre est représenté dans notre région par trois espèces que nous pouvons distinguer aisément ainsi :

- Feuilles en aiguilles :
 - + avec une seule raie blanche à la face supérieure : *J. communis* L.
 - + avec deux raies blanches à la face supérieure : *J. oxycedrus* L.
- Feuilles imbriquées, verticillées par trois, avec chez les jeunes sujets des feuilles en aiguilles ; fruit rouge : *J. phoenicea* L.
- Feuilles imbriquées, verticillées par 4-6 ; fruit bleuâtre : *J. sabina* L.

Le *J. communis* est rare dans la plaine méditerranéenne où il est remplacé par *J. oxycedrus*. Il remonte jusqu'à l'Aigoual (1 500 m). C'est en effet une espèce exigeante en humidité. On en trouve cependant quelques pieds au nord de Montpellier où il est mêlé en faible quantité aux peuplements de *J. oxycedrus*.

Le *J. oxycedrus* ou Oxycèdre ou Cade, est strictement méditerranéen (méditerranéen subhumide), exigeant en chaleur ; son extension est limitée à la zone de l'Olivier.

Le *J. phoenicea* L. ou Genévrier de Phénicie. Il est dans notre région à la limite nord de sa zone de végétation (abondance au Maroc : EMBERGER).

Les Genévriers qui nous intéressent ici peuvent être classés d'après l'indice xérothermique de GAUSSEN (1952) : *J. communis* (X_{1-2})-*J. sabina* (X_2) ⁽¹⁾-*J. oxycedrus* (X_{2-3})-*J. phoenicea* (X_{3-4}).

Pour chacune des espèces locales, nous avons suivi son développement, sa croissance et leurs rapports avec le développement des espèces de *G.* Nous donnerons les détails de ces études aux chapitres correspondants aux *G.* qu'ils hébergent.

2. — Hôtes éciidiens

Il existe, dans notre région, plusieurs Rosacées de la famille des Pomacées qui entrent dans le cycle des *G.* des *Juniperus* ; certaines sont cultivées : *Pyrus communis*, *Malus communis*, *Cydonia vulgaris*.

Les autres sont spontanées : *Pyrus amygdaliformis*, *Crataegus monogyna*, *Crataegus azarolus*, *Cr. ruscinonensis*, *Amelanchier ovalis*.

D'autres Pomacées entrent dans le cycle des *G.*, mais elles ne se trouvent pas dans notre région (plusieurs *Sorbus*, en particulier) :

Malus. — Pommier. Espèce rarement cultivée jusqu'à ce jour dans le Bas-Languedoc en raison de ses exigences climatiques. Dans le nord du département de l'Hérault, d'après THELLUNG (1912) il serait spontané dans les haies. Nous n'avons pas rencontré de *G.* sur Pommiers et à notre connaissance il n'en a pas été signalé dans notre région. Nos essais d'inoculations de plusieurs espèces de *G.* sont restés négatifs.

Sorbus. — Nous citons ici le *Sorbus domestica* L. que l'on rencontre dans les bois de la région. Nous ne l'avons jamais trouvé porteur de rouille malgré le voisinage de Genévriers parasités. Nos essais d'inoculation sont d'ailleurs toujours restés sans résultat.

Les autres *Sorbus* qui entrent dans le cycle des *G.* ne se trouvent pas dans le Bas-Languedoc.

Nous avons pour chacune de ces Pomacées suivi son développement

(1) Nous avons introduit le *J. sabina* dans cette succession afin que l'on se rende compte de ses exigences par rapport aux espèces locales, bien qu'il soit absent de notre région.

depuis le débourrement jusqu'à la chute des feuilles afin de situer le stade critique de l'infection. Nous avons noté et représenté ces stades-repères (pour la première fois pour plusieurs d'entre elles) en nous inspirant de la méthode FLECKINGER (pour le pommier et le poirier) et des représentations de MOORE, HEY et HOLMES (1946). Nous désignons ces stades par des lettres qui correspondent chez chaque Rosacée :

- O — Bourgeon dormant.
- A — Gonflement du bourgeon (Swelling).
- B — Rupture de la juxtaposition des écailles (Breaking).
- C — Éclatement du bourgeon (Burst).
- D — Bouton vert.
- E — Apparition des pétales ; bouton blanc.
- F — Floraison.
- G — Chute des pétales.
- H — Nouaison.
- I — Maturité.
- J — Chute des feuilles.

Nous prenons des stades moyens. FLECKINGER note des stades intermédiaires à l'aide d'indices (par ex. F1, F2, F3). Nous ne voulons pas entrer dans ces détails d'autant plus que nous ne voyons pas l'utilité parasitologique d'une telle notation généralisée à l'arbre tout entier. Ce qui importe pour nous c'est le stade du rameau ou du bouquet sur lequel nous avons effectué les inoculations. Aussi, lorsque nous utiliserons une notation intermédiaire, elle ne concernera qu'une petite partie de l'arbre.

Nous avons ajouté dans cette méthode, dans le cadre parasitologique, une étude du développement de l'épiderme dans ses rapports avec la pénétration du champignon. Nous donnerons les détails de ces études dans les chapitres correspondants des espèces de *G.* dont ces Rosacées sont les hôtes.

3. — Importance des Gymnosporangium pour les cultures

Nous ne reviendrons pas ici sur l'importance de la rouille grillagée du Poirier qui est l'objet d'une abondante littérature. Nous donnerons, à son sujet, quelques observations personnelles au chapitre que nous lui réservons dans ce mémoire.

En ce qui concerne les autres Rosacées cultivées, au premier abord, les dégâts causés par les *G.* ne semblent pas importants : cependant l'attaque des feuilles amène la réduction de la surface photosynthétique, l'augmentation de la respiration ; une attaque importante (dans le voisinage d'un hôte télien) peut amener une défoliation précoce (*Pyrus*). Les déformations (mycocécidies) sur le limbe peuvent amener la déchi-

rure (trou, déchirure longitudinale) et la mort de la feuille (cas des attaques des *G.* à développement rapide (*G. gracile* par exemple) sur des organes jeunes). L'attaque localisée sur le pétiole est fatale pour la feuille.

Les rameaux sont également atteints et la tumeur que détermine le champignon entraîne plus ou moins rapidement (l'année en cours ou au printemps suivant) la mort de la partie située au-dessus de la tumeur (*Crataegus*, *Cydonia*).

Les bourgeons sont plus rarement atteints ; ils sont alors complètement tués et une nécrose peut apparaître sur les rameaux (*Pyrus*).

Les fruits sont également atteints. Les poires, jeunes lors de l'attaque ne se développent pas. Les coings sont déformés, momifiés. Les drupes des *Crataegus* sont très fréquemment attaquées, mais ici le mal est moindre en raison du rôle essentiellement ornemental de ces arbustes.

II. — DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Il n'est pas dans nos intentions de rappeler ici toutes les caractéristiques du climat du Bas-Languedoc. D'autres, plus avertis, ont étudié les différents phénomènes météorologiques dans cette région (BILLANGE, CHAPTAL, CHASSANT, EMBERGER, GESLIN, MONTARLOT, parmi les travaux les plus récents). Nous ne ferons pas état, non plus, des moyennes annuelles de température ou de pluie, car, envisagées sous cet angle, elles ne nous apportent aucune connaissance pratique pour notre étude. C'est au contraire l'étude du développement des phénomènes météorologiques (leur nature, leur durée, entre autres) qui nous aide à la compréhension de l'épidémiologie des parasites.

Les principales observations que nous avons faites sur l'influence des différents facteurs du climat sur les *G.* concernent la phase télienne. C'est, à notre avis, celle qui est le plus étroitement tributaire des conditions atmosphériques. C'est de la nature de ces conditions que dépend la plus ou moins grande infestation des Rosacées. Aussi, est-ce de ce stade télien que nous parlerons, dans les paragraphes suivants, à moins que nous ne le précisions.

1. — Température

Le développement des télisoires de *Gymnosporangium* débute en hiver et la maturité des téliospores est atteinte à une période encore froide (Mars-Avril). Les *G.* sont d'ailleurs des champignons des régions tempérées et froides. On ne les rencontre pas dans les régions équatoriales (CROWELL 1940 a). En effet, les sores commencent à apparaître, pour certaines espèces, sur les rameaux de Genévriers dès le mois de

Janvier ; cela pourrait expliquer la formation de la membrane épaisse et colorée des téliospores les premières différenciées, qui restent localisées à la périphérie du sore. Cette évolution continue en Février et jusqu'au mois de Mars ; dès le début de ce mois, à une période variant du 5 au 10 Mars, selon les années, les téliospores sont en état de germer. Cette germination est tributaire des conditions pluviométriques, à condition cependant que la température ne soit pas trop basse ($\geq 9^{\circ}$), condition presque toujours réalisée en raison du caractère des pluies (pluies de régime méditerranéen).

La température joue un rôle sans grande importance dans la maturation des téliospores. Nous avons même vu apparaître sur des rameaux bas de Genévrier oxycèdre restés pendant 10 jours sous 30 cm de neige (accumulée en congère) des sores de *G. confusum*, alors qu'ils n'étaient pas visibles avant la chute de neige. Les seules spores formées sont celles à membrane épaisse ; certaines présentaient des déformations.

Lorsque, au début du mois de mars, la température est trop basse et surtout lorsqu'elle fait suite à une période particulièrement froide au cours de l'hiver, le développement ne semble pas modifié morphologiquement, mais la maturité des spores, c'est-à-dire leur faculté *germinative* se trouve retardée de quelques jours. Ce fait est en corrélation avec le retard provoqué au développement des Rosacées.



FIG. 1. — Teliospore de *G. gracile* ayant subi une gelée (5°). La cellule supérieure est atrophiée.

Lorsque la température devient trop basse, il peut y avoir gel. Cela se produit surtout lorsque les spores sont mûres (en état de germer) et qu'un gonflement des sores avec émission de basidiospores a déjà eu lieu. On rencontre alors des sores ratatinés constitués de spores déformées (et par suite incapables de germer) (fig. 1).

Si les conditions sont normales, la faculté de germer se maintient pendant les mois de Mars et Avril. Selon l'intensité et la fréquence des pluies, les sores sont plus ou moins nombreux vers la mi-Avril : si la période a été sèche, les sores peuvent encore gonfler et émettre des basidiospores tardives, mais dès le mois de Mai (dans notre région), pour certaines espèces du moins (*G. confusum*, *G. gracile*), la température est trop élevée et les feuilles des Rosacées sont trop développées pour permettre la pénétration du parasite.

Les époques les plus favorables au développement des téliosores et à l'émission des basidiospores sont celles où la température varie entre 8° et 20° pour nos espèces locales. TOGASHI (1949) a réuni les caractères biologiques des champignons parasites ; en ce qui concerne les

G. il cite les températures de germination des spores d'un certain nombre d'espèces ; or il ne s'agit que d'espèces américaines ou asiatiques ; celles de nos espèces locales ne sont pas connues, aussi les avons-nous établies. WOLF et WOLF (1947) donnent aussi les températures de germination pour deux espèces de G.

Nous reproduisons ci-dessous ces tableaux et les complétons pour nos espèces locales (tableau B).

TABLEAU B

Températures de germination des téliospores et basidiospores

Espèce	Téliospores			Basidiospores			Référence
	m.	O.	M.	m.	O.	M.	
<i>G. clavipes</i> C. et P.....	7	22-25	29				Weimer 1917
<i>G. germinale</i> (S.) K.	3-7	22-25	29				Weimer 1917
	4	24	~ 32	8	16	~ 28	Miller 1932
<i>G. globosum</i> Farl.	7	22-25	29				Weimer 1917
	4	24	~ 32	8	16	~ 28	Miller 1932
<i>G. haraeaeum</i> Syd.		~ 20					Takeuchi et Tateishi 1933 in Togashi
<i>G. juniperi-virginianae</i> Schw. ..	11	15	29				Wolf 1947
	7	23-24	29				
	7	22-25	29				Weimer 1917
	~ 10	13	~ 25				Reed et Crabill
	~ 4	24	~ 32	~ 8	16	29	Miller 1932
<i>G. yamadae</i> M.	~ 7	16-22	30				Fukushi 1925 in Togashi
<i>G. gracile</i> Pat.	6	13	30	7	12	22	
<i>G. confusum</i> Plowr.	7	17	32	8	18	28	
<i>G. clavariaeforme</i> (J.) DC.....	7	12	34	7	12	20	
<i>G. fuscum</i> DC	8	18	25	11	18	25	
<i>G. tremelloides</i> Hart.....	7	19	28	10	18	28	

Les températures de germination des téliospores sont spécifiques, mais elles sont voisines et comprises entre des extrêmes (d'une manière générale entre 7° et 29°).

Si nous considérons les moyennes des températures dans la région montpelliéraine nous trouvons (CHAPTAL 1928) :

	Moyenne des minima	Moyenne des maxima
Février	2,02	13,14
Mars	4,10	15,89
Avril	7,17	19,15

Ces moyennes ne nous donnent que des extrêmes et sur les 30 jours des mois considérés les variations peuvent être notables surtout lorsqu'il s'agit d'organismes microscopiques sensibles aux moindres variations.

Ce qui importe avant tout c'est la température au moment de la pluie ; or dans nos régions la pluie est amenée par des vents venant de la mer et donc tièdes. Il faut donc considérer les températures des jours

de pluie et surtout *au moment* de la pluie. Les extrêmes entre lesquelles nous avons observé des gonflements de sores *sous la pluie* sont 8-9° et 14°. La température n'a pas une valeur supérieure pendant les précipitations à l'époque que nous retenons.

2. — Pluie

Une des caractéristiques du climat méditerranéen est la répartition des pluies en deux périodes : printanière et automnale. VERNET (1945) relève pour une année normale pendant les mois qui nous intéressent :

Février	Mars	Avril	Mai
49	60	72	60 mm

Les deux mois de Mars et Avril sont donc d'une manière générale, pluvieux puisqu'ils reçoivent approximativement le 1/10 de la pluie annuelle (moyenne annuelle 754 mm), en 9-10 jours. Mais ces quantités de précipitations ne nous donnent pas de renseignements d'ordre biologique. C'est, en effet, la nature et la durée de la précipitation qui nous intéressent : une averse de courte durée, même violente, caractéristique de notre région, suivie de vent sec et de soleil est insuffisante à faire germer les spores. Si, au contraire, le régime pluvieux s'installe plusieurs jours et est constitué d'averses entrecoupées de coups de vent, ce sont là des conditions qui conviennent parfaitement au gonflement des sores, à la germination des téliosores et à la dissémination des basidiospores sur les Rosacées.

Ce régime pluvieux est tributaire des vents ; ce sont, en effet, les vents du Sud ou « marins » qui amènent la pluie en même temps qu'une température relativement douce qui favorise la germination des spores ; ils maintiennent en outre un degré hygrométrique élevé (90-100°).

En effet, la pluie est nécessaire au gonflement des téliosores. C'est l'eau qui ruisselle le long des rameaux qui est utilisée. L'humidité seule est insuffisante si elle n'a pas été précédée d'une pluie. Le gonflement des sores est rapide si l'eau est abondante ; si, au contraire, la pluie tombe sous forme de fines gouttelettes, le gonflement est plus lent et dépend de l'exposition du rameau de Genévrier.

Au contraire, une pluie de trop longue durée ou trop violente, accompagnée de coups de vent provoque la chute des sores : ce cas est fréquent chez *G. confusum* caractérisé par des sores volumineux à l'état gélatineux et aussi chez *G. tremelloides* encore plus sensible. Par contre *G. gracile* a des sores petits, abrités par la touffe du balai de sorcière qu'il provoque. Il a besoin d'une pluie persistante pour mouiller les rameaux internes du balai de sorcière, et par suite pour faire gonfler les sores.

Il nous a été donné d'observer dans le Jura, près de Besançon, en Avril 1952, la persistance des sores de *G. clavariaeforme* sur *Juniperus communis*, au cours d'une période pluvieuse qui durait depuis plusieurs jours, mais il faut bien le préciser, en l'absence de vent violent. Les sores étaient gélatineux, mais avaient conservé leur aspect primitif. La pluie fine, continue de cette région, provoque une période d'émission continue et de plus longue durée que dans nos régions à climat méditerranéen. BAKER (1951) considère que la pluie est la forme la plus efficace de l'humidité favorable au développement des maladies et, quand elle dure plusieurs heures ou plusieurs jours, les conditions deviennent idéales ; si elle persiste pendant longtemps, toutes les surfaces absorbantes deviennent saturées et contribuent à maintenir une forte humidité (microclimat).

On pourrait rapprocher cette notion de *pluie utile* de celle de CHAPTAL (1931), *pluie efficace*. Cet auteur a établi cette notion pour la quantité de pluie absorbable par le sol. Il considère qu'une pluie inférieure à 4 mm n'est d'aucun bénéfice pour l'humidité du sol. En effet, elle ne créerait pas un degré hygrométrique suffisamment élevé pour maintenir un microclimat favorable. Cette quantité est nécessaire au développement des *G.*

Il était intéressant de préciser l'influence de cette valeur sur le développement des espèces locales. Pour cela nous avons relevé les chutes de pluie des jours où nous avons réalisé des inoculations, en relation avec les inoculations naturelles ⁽¹⁾. Il ressort de ces études qu'une chute de pluie de 4 mm est suffisante pour provoquer le gonflement des sores, l'émission des basidiospores et l'infection des Rosacées à condition qu'elle s'étende sur plusieurs heures (15 h. environ) et qu'un vent du N-NW, sec ne lui succède pas. De plus, nous avons noté que de telles conditions étaient nécessaires et suffisantes pour inoculer le Cognassier, dont les feuilles retiennent très difficilement l'eau. Au contraire, le *Crataegus monogyna* a un pouvoir de rétention plus élevé en raison de la morphologie de sa cuticule (ridée au niveau des nervures), et peut être infecté à la faveur d'une chute de pluie inférieure à 4 mm.

Cependant si la pluie persiste plusieurs jours, les conditions sont favorables au maximum et les réussites des infections sont totales. Lorsque la pluie a lieu au cours d'une période sèche l'absorption par le sol est importante et le microclimat est alors insuffisant à maintenir une humidité nécessaire à l'infection.

Il faut également envisager le problème *géographique* de la pluie surtout dans le cas d'un parasite hétéroïque à grandes possibilités de

(1) Nous remercions ici M. GODARD, directeur de la Station de Bioclimatologie agricole de Bel-Air à Montpellier qui a bien voulu nous communiquer les relevés météorologiques effectués à cette station voisine de notre champ d'étude.

dissémination. En effet, les nuages, qui amènent la pluie, se déplacent rapidement, suivent des courants aériens ; il est ainsi fréquent qu'il pleuve en un point et que, quelques kilomètres plus loin il ne pleuve pas. C'est ainsi qu'en avril 1953 à l'Ecole d'Agriculture nous n'avons pas eu de pluie, mais dans les stations d'études à 7-8 km plus au Nord, la pluie a été suffisante pour faire gonfler les sores et donc provoquer la formation de basidiospores, à tel point que lorsque nous avons visité ces stations, le lendemain, il ne restait plus aucun sore sur les Génévriers. Ces stations seules étaient devenues un centre de propagation de la maladie.

Nous citerons à l'appui de cette variation le tableau donné par BRAUN-BLANQUET (1915) sur la répartition des pluies du littoral aux Cévennes méridionales :

	Dist. mer km	Alt. m	Pluie mm
a) Bordure méditerranéenne :			
Palavas	0	0	626
Montpellier	12	45	745
Saint-Mathieu de Tréviers	32	141	904
b) Basses montagnes :			
Plateau de Valène	30	233	968
Col de la Cardonille	45	317	1 007
c) Vallée de l'Arre :			
Le Vigan	75	230	1 534
Arrigas	65	860	1 636
d) Montagnes. Aigoual :			
Valleraugue	90	375	1 657
Aigoual	100	1 567	2 175

3. — Vents

Deux principaux types de vents s'opposent dans notre région et se rencontrent presque toute l'année, avec des intensités variables.

a) Vents continentaux secs.

1° *Vent du NNW ou Mistral* : le plus important. Il est très violent et souffle 4-5 jours consécutifs. En passant sur les hauts plateaux neigeux (en hiver et au printemps) du Massif Central et des Cévennes, il amène le froid. Il balaie les nuages et installe un temps beau mais froid.

2° *Vent du Nord-Est*. Il alterne avec le Mistral. Il est froid et provoque la gelée blanche.

3° *Vent d'Ouest ou Narbonnais*. Il adoucit la température, amène quelques nuages mais rarement la pluie.

b) Vents humides

1° *Vents du Sud et du Sud-Est*. Ils sont chargés d'humidité. Ils provoquent un temps couvert, pluvieux et des brouillards. Ils amènent de fortes pluies.

2° *Vent d'Esi*. Fréquent au printemps, il amène un régime de précipitations continues.

La pluie fine continue, amenée par ces vents humides, entretient un milieu favorable aux *Gymnosporangium*. Les coups de vent favorisent la dissémination des basidiospores dans le voisinage.

4. — Rosée

Il est classique de citer le mildiou de la vigne comme parasite dont l'évolution est liée à la rosée. En ce qui concerne les *Gymnosporangium* nous n'avons rien relevé de semblable. Pour le stade télien l'eau apportée par la condensation est insuffisante pour déterminer un gonflement des sores et de plus elle ne reste pas suffisamment longtemps, disparaissant dès les premiers rayons du soleil.

Pour l'haplonte, sur les Rosacées, l'action de la rosée est tout autre : elle contribue à la sécrétion du nectar par les spermogonies et favorise ainsi la conjugaison des noyaux par l'intermédiaire des insectes butineurs « mélanges » de nectars de provenance différente.

Quant à l'action de la rosée sur les écidies elle a lieu sur le pseudo-péridium chez qui les variations d'humidité provoquent des mouvements d'enroulement et d'expansion favorables à la dissémination des spores.

*
* *

En résumé le développement des télisosores de *Gymnosporangium* nécessite :

— une *pluie* suffisante pour les mouiller, surtout importante pour le premier gonflement de l'année (humectation difficile) ;

— une *humidité* d'une dizaine d'heures consécutive à la pluie, pendant lesquelles se forment, à la surface du sore, les basidiospores si la température est suffisante (ce qui est presque toujours le cas) les *G.* n'étant pas exigeants et les pluies ayant presque toujours lieu par une température relativement tiède ;

— des *vents* qui entraîneront les basidiospores dans le voisinage et même à de grandes distances sur les Rosacées encore humides.

(Nous voyons ici la nécessité de réaliser les inoculations sous la pluie.)

Lorsque la pluie est terminée, le sore se dessèche lentement, se recouvre de basidiospores orangées et prend un aspect différent de son aspect primitif ; il peut être plaqué sur le rameau ; il lui suffira alors de la moindre pluie pour reprendre sa turgescence.

Enfin lorsque les sores sont gélatineux ils sont le pôle d'attraction pour de nombreux animaux qui y pondent (insectes) ou les broutent (gastéropodes, myriapodes...) et contribuent à leur destruction.

C'est donc une alternance de pluie et de vents qui est nécessaire au développement des G. On la trouve en effet dans notre région où, au printemps, nombreuses sont les successions de temps « marin » pluvieux et doux et de temps du Nord, froid et sec. Cette succession est rapide ; cependant il existe généralement une journée où il y a un conflit entre les deux tendances.

Le Bas-Languedoc est donc caractérisé par la pluviosité en saison froide et la sécheresse en saison chaude. Si nous nous reportons à la classification d'EMBERGER, nous nous trouvons dans l'étage méditerranéen sub-humide.

Nous reprendrons dans la deuxième partie de ce mémoire, à chaque chapitre correspondant, l'influence du climat sur chaque espèce de *Gymnosporangium*.

III. — LES ÉTUDES MYCOLOGIQUES DANS LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE

Il n'existe pas de travail d'ensemble sur les *Gymnosporangium* de la région méditerranéenne. Les observations que la littérature nous révèle sont fragmentaires et manquent souvent de précisions, ce qui les rend inutilisables pour une étude approfondie.

J. de SEYNES (1863) a fait l'histoire de la mycologie dans la région. Il s'est surtout attaché aux Macromycètes. Il signale cependant que les Micromycètes ne commencent à avoir une place dans la littérature qu'avec De CANDOLLE. De SEYNES pour sa part n'a étudié que les Agaricinées.

CELOTTI (1887) fait le recensement des champignons parasites qu'il a rencontrés aux environs de Montpellier. Cette liste manque de précisions et de dates. Il cite parmi les Urédinées qui nous occupent ici : *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. sur *Crataegus oxyacantha* (sic) et *C. azarolus* (sic) ; et l'*Aecidium penicillatum* (Mull.) A. et S. (= *G. tremelloides* Hart.) sur *Pyrus*. Il est probable que dans ce dernier cas il s'agit du *G. fuscum* DC. dont l'*aecidium* est *Roestelia cancellata* Rebert.

En 1895, BOYER et JACZEWSKI publient une importante liste de parasites des environs de Montpellier. Malheureusement de nombreuses imprécisions et l'absence de dates rendent ces références inutilisables pour l'étude biologique que nous voulons faire. Pour ce qui nous intéresse, ces auteurs citent (p. 197) en plus des récoltes de CELOTTI : *G. clavariaeforme* (J.) R. écidies sur *Crataegus* (sic) et téliosores sur *Juniperus communis* à Montarnaud et Saint-Martin de Londres.

G. de LAGERHEIM publie en 1899 une liste de parasites des environs de Montpellier. Ses observations, comme celles des auteurs précédents, manquent de précisions.

En 1902, PATOUILLARD décrit le *G. gracile* qui provoque les balais de sorcière sur *Juniperus oxycedrus* qu'il a trouvés en Tunisie. Plus tard, il le signalera dans le Midi de la France.

BRESADOLA (1903) décrit au Portugal le *G. oxycedri* qui forme des fuseaux sur les rameaux de *Juniperus oxycedrus*.

ARNAUD, FOEX et REY dans leurs Notes botaniques, agricoles et météorologiques citent, en 1908, la formation des écidies de *Roestelia cornuta* Fr. (= *G. aurantiacum* Chev.) sur *Crataegus monogyna* (sic) le 10 Mai, à Montpellier.

A. de CROZALS récolte trois échantillons ⁽¹⁾ dans les environs de Béziers :

G. clavariaeforme, I sur *Crataegus oxyacantha* à Vias, Août 1911, I sur *Crataegus monogyna* à Ribaute, Mai 1913.

G. juniperinum, S sur *Amelanchier vulgaris* à Colombières sur Orb, Mai 1912.

G. et Mad. ARNAUD dans leurs Notes de Pathologie végétale (1923) rapportent un certain nombre de parasites et en particulier des *Gymnosporangium* qu'ils ont récoltés tant sur la Côte d'Azur que dans le Gard. Leurs récoltes sont accompagnées d'observations intéressantes qu'il nous est possible de confirmer et que nous reprendrons à leur place. Ils ont relevé : *G. clavariaeforme* (Jacq.) Reess, *G. tremelloides* Hart., *G. oxycedri* Bres., *G. gracile* Pat.

Ed. FISCHER de 1890 à 1928 a poursuivi des recherches et publié plusieurs études sur les *G.* de la région méditerranéenne (Var, Gard). Il a essayé d'inoculer un certain nombre de Pomacées et a obtenu certains résultats qu'il n'a pas rapportés dans la nature. Ces observations sont cependant d'un grand intérêt ; nous y reviendrons.

G. et Mad. ARNAUD dans leur Traité de Pathologie végétale (1931) font une étude poussée des *G.*, en particulier de ceux de la région, comme en témoignent les nombreuses photographies qui illustrent cet ouvrage.

En 1937, KUHNHOLTZ-LORDAT cite dans ses « Glanes phytopathologiques » cinq *G.*, tant sur Rosacées que sur Genévriers, relevant la mauvaise connaissance du cycle du *G. sabinae*. Ce même auteur donne en 1943, dans son mémoire sur le diplonte des Urédinées, un tableau des cycles possibles des divers *G.*, d'après ses observations et celles des différents auteurs qui ont étudié ce problème.

En 1948, dans la « Flore des environs de Montpellier » KUHNHOLTZ-LORDAT donne au paragraphe *Juniperus* les cycles possibles des divers *G.* que l'on rencontre sur les Genévriers de la région et donne quelques renseignements quant à la biologie de ces Urédinées et propose la « Car-

⁽¹⁾ Ces échantillons ainsi que toutes les autres récoltes de A. de CROZALS, sont déposés dans l'herbier de la Station de Phytopathologie du Centre de Recherches Agronomiques de Provence à Antibes. Nous remercions bien sincèrement M. BARTHELET, directeur de ce Centre, de l'empressement avec lequel il nous a communiqué les échantillons qui nous intéressaient.

tographie » des hôtes et parasites en vue de l'étude des cycles. Nous verrons que ce mode d'étude a contribué à nous donner des indications utiles.

MAYOR et VIENNOT-BOURGIN (1949) citent les *G.* qu'ils ont récoltés dans la région.

En 1950, nous avons signalé l'existence de plusieurs espèces de *G.* dans la Costière nimoise, et en 1952 nous avons donné quelques indications sur la biologie de ce genre.

Ce sont là les travaux régionaux concernant le genre *G.* Ils sont peu nombreux et méritent d'être repris. En effet, la plupart de ces études ne sont pas le résultat d'observations biologiques ; ce sont, en général, des études de systématique. Leur valeur est indiscutable quant à la répartition des espèces. Nous estimons que l'étude biologique est nécessaire, c'est pourquoi, dans ce travail, nous avons cru intéressant d'étudier ce point de vue sans cependant négliger la systématique.

Le tableau C résume les études régionales que nous venons de passer en revue. Il nous présente un certain nombre de cases vides ; ce sont elles que nous avons voulu essayer de combler tout en apportant des précisions aux cycles déjà réalisés.

Les stations n'étant pas relevées avec précision, ces éléments ne peuvent servir à dresser une carte détaillée. Au chapitre suivant nous préciserons quelles ont été les stations que nous avons visitées et nous donnerons la carte de la région prospectée.

TABLEAU C

Cycles des espèces de Gymnosporangium trouvées à ce jour dans la région.

<i>G. clavariaeforme</i> (J.) DC ..	J. communis J. oxycedrus (MAYOR).	Crataegus oxyacantha. Cr. azarolus. Cydonia. Cr. monogyna. Pyrus communis.	CELOTTI, BOYER et JACZ. LAGERHEIM, DE CROZALS. ARNAUD, FISCHER. KUHNHOLTZ-LORDAT. MAYOR et VIENNOT-BOURGIN.
<i>G. juniperinum</i> (L.) Mart. .	J. communis.	Pyrus. Amelanchier.	CELOTTI. DE CROZALS, ARNAUD.
<i>G. confusum</i> Plowr.	J. phoenicea. J. oxycedrus.	Crataegus. Cr. azarolus. Cydonia.	LAGERHEIM, FISCHER. KUHNHOLTZ-LORDAT.
<i>G. gracile</i> Pat.	J. oxycedrus.		PATOULLARD, ARNAUD. FISCHER, MAYOR. KUHNHOLTZ-LORDAT.
<i>G. aurantiacum</i> Chev.		Cr. monogyna.	ARNAUD et al.
<i>G. oxycedri</i> Bres.	J. oxycedrus.		ARNAUD. KUHNHOLTZ-LORDAT.
<i>G. sabinae</i> (D.) Wint.		Pyrus.	KUHNHOLTZ-LORDAT.
<i>G. amelanchieris</i> Fisch.		Amelanchier.	KUHNHOLTZ-LORDAT. MAYOR.

CHAPITRE III

MÉTHODES ET TECHNIQUES

A. — LES MÉTHODES DE TRAVAIL

Nos premières observations remontent à 1944 ; elles portaient sur l'évolution des tumeurs écidiennes de *G. fuscum* ; nous les avons poursuivies chaque année.

Dès 1945, nous entreprenions une série d'inoculations sur Poirier. Intensifiant nos prospections, dans la région, nous relevions plusieurs espèces de *G.* que nous jugions utile d'inoculer à différentes Rosacées. C'est pourquoi nous avons créé en pleine terre et en serre une collection de Pomacées et de Genévriers issus de plantes spontanées afin de réaliser des inoculations que nous pourrions suivre quotidiennement. L'observation *in situ* est longue et le hasard joue un grand rôle ; il arrive fréquemment que l'on passe à côté d'un pied sans faire l'observation intéressante et décisive pour la précision d'un fait, d'un point du cycle par exemple.

Région prospectée. — Notre rayon d'action autour de Montpellier fut d'abord faible ; il s'est agrandi par la suite, cependant nous sommes resté fidèle aux premières stations recensées, les ayant jugées intéressantes par les hôtes qu'elles groupaient et par le plus grand nombre d'espèces de *G.* qu'elles rassemblaient (fig. 2).

Une des stations que nous avons le plus fouillée est la Pinède de Fontfroide-le-Haut, sur la route nationale 586 de Mende à Montpellier, à 7 km au N. de cette dernière. Une étude botanique a été faite par FLAHAULT (1937) : dans ce bois la roche moins compacte et un peu marneuse favorise le Pin d'Alep. Il cite : *Pinus halepensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Cistus monspeliensis*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Buxus sempervirens*, *J. communis*, *J. phoenicea*.

Une étude botanique et un relevé cartographique de cette Pinède à *Pinus halepensis* Mill. ont été faits par KUHNHOLTZ-LORDAT ⁽¹⁾.

De notre côté nous avons fait le relevé cartographique du sous-bois et des clairières de la Pinède et de ses abords en ce qui concerne les *Gymnosporangium*, c'est-à-dire le relevé des Genévriers, des Rosacées et des espèces de *G.* Nous verrons, plus loin, les conclusions que l'on peut en tirer. Dans cette Pinède se trouvent réunis les trois Genévriers de notre région : *Juniperus oxycedrus*, de beaucoup le plus abondant (nous

⁽¹⁾ Cartographie parcellaire. Cartons n° 13 et 13 bis. Les parcelles étudiées font ensemble environ 5 ha.

n'avons pu en faire un relevé exact), tous les pieds étant parasités par une ou plusieurs espèces de *G.* ; *J. phoenicea* (5 pieds parasités sur 41), et *J. communis* (2 pieds parasités sur 91) ; pour ces deux dernières espèces le relevé est exact. — De plus les clairières correspondant aux thalwegs

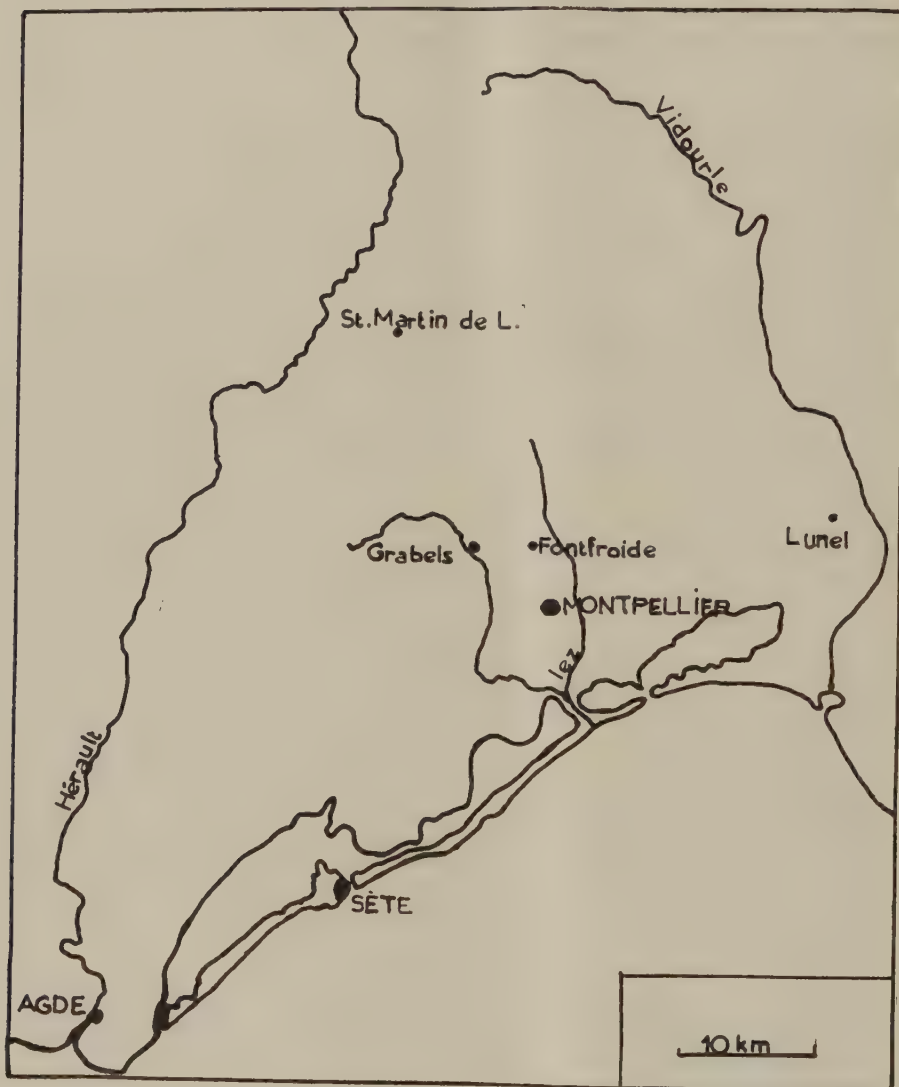


FIG. 2. — Carte de la région prospectée.

sont colonisées par *Pyrus amygdaliformis* Vill. (tous pointés sur la carte) dont certains pieds sont fortement parasités. Nous étudierons cette localisation au chapitre réservé à *G. fuscum*. En outre, dans le voisinage immédiat, de l'autre côté de la route, des haies sont constituées par *Crataegus monogyna* Jacq. et *Cydonia maliformis*, dont 90 p. 100 des

feuilles sont atteintes. Cependant plus on s'éloigne du foyer plus le parasite devient rare (ce que nous avons indiqué sur la carte par des pieds sains de *Crataegus* et de *Cydonia*). (fig. 2 bis)

Nous avons également prospecté la région de Grabels à 10 km au Nord de Montpellier, en raison du caractère semi-montagnard de sa flore : en effet, au nord de Grabels (bois de Valène), l'Amélanchier est abondant ; il est cependant très peu parasité. Nous l'avons retrouvé au Sud du village sur des escarpements à l'exposition Nord. Dans cette dernière station *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus communis* sont tous les deux parasités ; *J. phoenicea* est indemne. Quant aux Rosacées : *Crataegus monogyna* et *C. azarolus* sont parasités ; *Pyrus amygdaliformis* et *Ame-lanchier* sont indemnes.

D'autres stations sont également l'objet de nos visites, mais ces deux là ont gardé notre préférence en raison de leur proximité, de leur facilité d'accès et aussi de leur richesse en *Gymnosporangium*. La proximité et la facilité d'accès sont nécessaires car la période de prospection des Genévriers pour l'étude du développement des téliosores, est de courte durée (février-mars) ; cette durée est fonction des conditions atmosphériques : la pluie la réduit ; la sécheresse l'augmente. On peut difficilement visiter avec fruit, un grand nombre de stations éloignées, d'autant plus que ce sont les observations des sores sous la pluie qui sont les plus fructueuses ; le comportement des téliosores variant avec la nature des précipitations.

B. — TECHNIQUES D'INOCULATION

De nombreux auteurs ont tenté d'inoculer divers *Gymnosporangium* ; en général ils n'ont pas exposé en détail la méthode employée. Von TUBEUF explique sa méthode : mélanger la masse télénne gélatineuse avec de l'eau ; vérifier la germination ; dilacérer la masse de spores et pulvériser sur les feuilles.

KERN (1911) fait une description succincte de sa technique ; dépôt de téliosores sur les Malaceae en pot et recouvertes d'une cloche.

Nous croyons utile de donner quelques détails sur la méthode que nous avons utilisée, qui nous a permis de faire des observations intéressantes.

1. — Matériel

a) La récolte

Le prélèvement des téliosores est effectué dans une station naturelle de Genévriers, soit sous la pluie (les téliosores sont alors turgescents et délicats à manipuler), soit loin de toute précipitation, les sores sont alors secs et faciles à prélever et transporter.

Dans le cas où le prélèvement a lieu sous la pluie, il y a intérêt à prélever un rameau porteur de sores ; ainsi la conservation pendant le transport est bien meilleure et il n'y a pas déshydratation en raison de la fine pellicule d'eau qui recouvre le rameau. Lorsqu'on est dans l'obligation de faire un prélèvement discret en raison de la rareté du parasite on utilisera pour le transport des sores turgescents de petits tubes en verre avec bouchon en liège. — Quant au prélèvement par temps sec, il ne présente aucune difficulté ; seul l'enveloppement de l'échantillon dans du papier suffit.

Les prélèvements effectués sous la pluie servent, *dès le retour au laboratoire*, à des inoculations favorisées par la pluie et l'humidité.

Les prélèvements « à sec » devront avant de servir à des inoculations, subir un traitement qui remplacera la pluie. Il faut faire « gonfler » les sores c'est-à-dire faire germer les téliospores. Pour cela nous avons utilisé des lames à concavités.

b) Lames à concavités

Nous avons utilisé de telles lames, de préférence à des verres de montre, en raison de leur plus grande facilité de transport sur le terrain d'expérimentation. On remplit la cavité de la lame avec de l'eau de pluie et on dépose sur les bords de cette cavité le ou les sores (suivant le pouvoir de gonflement, variable avec chaque espèce) dont on aura besoin pour les inoculations. Le sore s'imbibe, les pédicelles des spores se gélifient et, en 30 minutes, à la température du laboratoire, le sore est gonflé ; il faut alors attendre environ 10 heures pour avoir des basidiospores. Il convient de ne pas immerger les sores ; en effet, si certaines espèces gonflent et atteignent un volume important (*G. confusum*), d'autres restent grêles (*G. gracile*) et n'émergent pas d'une trop grande quantité d'eau. L'immersion profonde amène une germination anormale : la téliospore émet un filament qui peut s'allonger presque indéfiniment et ne pas donner de basidiospores s'il n'arrive pas rapidement à l'air. Il en est d'ailleurs ainsi dans la nature : les basidiospores se forment toujours en surface du sore qu'elles recouvrent d'une poussière jaune caractéristique visible tant sur le sore gonflé depuis quelques heures que sur celui qui a commencé à se dessécher.

Lorsqu'on juge suffisante la durée du gonflement et le pourcentage de germination, par vérification sous le microscope, on dilacère les sores en petits lambeaux qui serviront à inoculer les feuilles de Rosacées. De tels lambeaux contiennent des téliospores (avec leurs pédicelles gélifiés), qui ont germé en basides qui ont elles-mêmes donné des basidiospores. Le fait d'appliquer un tel mélange contenant les pédicelles des spores permet de maintenir le milieu plus humide un peu plus longtemps, ce qui est plus favorable à la germination des basidiospores.

c) Aiguille ou pinceau

Pour étaler les lambeaux de sores sur les feuilles nous utilisons de vieilles aiguilles lancéolées, usées, émoussées et dont les bords ont été rodés et souvent même retournés. Avec de tels instruments les lésions faites aux organes chlorophylliens sont très légères ; elles sont même nulles avec un certain entraînement.

Nous avons également utilisé des pinceaux souples (pinceaux à aquarelle) pour l'étalement des sores ; l'application est moins pratique et un autre inconvénient réside dans la difficulté de stérilisation, alors que les aiguilles sont aisément passées à la flamme. Quant aux résultats, nous n'avons noté aucune différence entre les deux méthodes, aussi avons-nous adopté les inoculations à l'aide d'aiguilles lancéolées de beaucoup les plus pratiques à notre avis.

En tout cas il faut avoir un jeu important d'aiguilles de sorte que chacune d'entre elles soit réservée à une espèce à l'étude ; de là la nécessité de les numéroter et de procéder toujours dans le même ordre.

d) Pulvérisateur

Un petit pulvérisateur de faible contenance suffit : 200 cc environ. En effet, la quantité d'eau nécessaire est faible et un appareil plus volumineux encombrerait. Le pulvérisateur est rempli d'eau de pluie : en effet cette eau présente pour les germinations une sécurité supérieure à celle des réseaux de distribution urbaine de la région montpelliéraine qui a subi diverses désinfections et qui a pu circuler dans des canalisations métalliques et se charger de sels nocifs à la germination des spores.

La pulvérisation d'eau avant l'inoculation est nécessaire par temps non pluvieux ; au contraire lorsque les inoculations sont faites sous la pluie (pluie fine de préférence à une averse), les feuilles sont suffisamment mouillées ; l'épandage de l'inoculum est facilité et l'ambiance humide se conserve suffisamment longtemps pour permettre la pénétration du parasite à l'intérieur des tissus.

L'aspersion des feuilles par temps sec favorise la germination des basidiospores, mais elle facilite aussi l'épandage de l'inoculum. Cependant la pulvérisation d'une petite quantité d'eau dans une atmosphère sèche ne suffit pas au parasite pour pénétrer la feuille. En effet l'évaporation est alors intense et nous avons constaté que l'eau que nous avions pulvérisée avait disparu une heure après. Or nous faisons nos inoculations en fin de journée (17 à 18 h. T. M. G.) afin d'éviter l'évaporation par le soleil et de bénéficier de la fraîcheur nocturne.

Les nombreux essais d'inoculation que nous avons exécutés nous ont amené aux conclusions suivantes : nécessité d'opérer par temps pluvieux

ou à très forte humidité ou à un moment précédant une pluie. Cela nous permet de penser que dans la nature, la germination des téliospores sur le Genévrier, le transport sur la Rosacée et la pénétration des basidiospores dans les tissus des Rosacées sont des phénomènes qui se produisent très rapidement (en quelques heures) et sont sous la dépendance étroite des conditions atmosphériques.

e) Étiquettes

Des étiquettes avec des références indiqueront la nature de l'espèce inoculée et la date. Les notations seront très simples et un répertoire en donnera la signification. Elles seront inscrites à l'encre de Chine qui peut persister plusieurs années.

f) Fiches

Une fiche par arbre, sur laquelle on notera toutes les inoculations faites sur cet arbre (par ex. : espèce inoculée, origine, date, heure, nombre de feuilles, stade phénologique...). Par la suite on ajoutera des fiches supplémentaires au fur et à mesure que les inoculations donneront des résultats. Des observations fréquentes (tous les deux jours) permettront de suivre l'évolution des déformations : de l'inoculation à la maturité des écidies ⁽¹⁾ (tableau D).

TABLEAU D

*Exemples de tableau récapitulatif des inoculations
et de tableau d'évolution des macules écidienues
Cydonia 1. — Inoculation 1953.*

Réf.	Gymnosporangium	Date	Heure	Météo	Nombre de feuilles inoculées			Stade	Observations	Résultats
					gr	conf.	clav.			
F	gracile.....	18 Mars	16	pluie	7			C	2 bouquets	> 0
G	confusum.....	18 Mars	16	pluie		4		C		> 0
A ₃	confusum.....	26 Mars	16	couvert		7		C		< 0
Q ₂	clavariaeforme.	1 Avril	9	couvert			8	D	2 F. non épanouies	> 0

Cydonia 1. — Évolution de macules écidienues.

Relevé	Inoculations		S			Début de tumeur		Pointement du Psp.		Ecidie mûre	Observations
	n°	Date									
5A	Q ₂	1 Avril	12	13 Avril	14	27 Avril	10	7 Mai	5	12 Mai	2 feuilles jeunes Récolté 15 Mai
8A	A ₃	8 Avril	16	24 Avril	5	29 Avril	11	10 Mai	5	15 Mai	2 feuilles. Récolté 15 Mai

⁽¹⁾ Nous avons établi ces tableaux d'évolution comparables à ceux de DODGE (1915) avant d'avoir en main les travaux de cet auteur.

De ces observations nous avons tiré des courbes représentant l'évolution des macules (tableau E).

Une caissette en bois avec couvercle (pour préserver le matériel de la pluie), complètera l'équipement nécessaire aux inoculations.

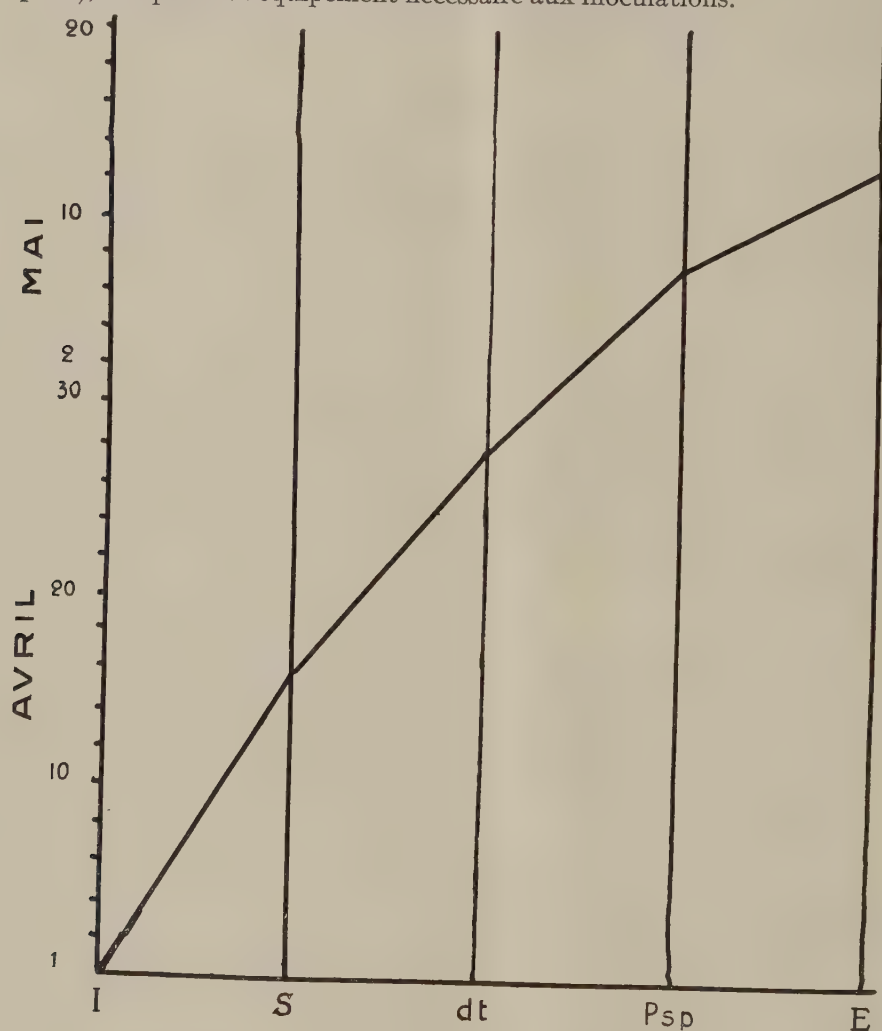


TABLEAU E

Exemple de courbe d'évolution de macule écidienne

En abscisse : les différentes phases de l'évolution des macules écidiennees : I, Inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, Pseudopériidium ; E, émission des écidiospores

2. — Technique

Voici l'exposé de la technique que nous avons utilisée. Équipé de tout le matériel que nous venons de décrire, il s'agit de choisir le moment favorable : par temps pluvieux, aucune hésitation ; il suffit d'éviter les

grosses averses qui lavent les feuilles ; par temps sub-pluvieux (soit après, soit avant la pluie) il est préférable d'expérimenter vers la fin de la journée (évaporation moins forte, humidité nocturne). Dans ce dernier cas il est nécessaire de pulvériser de l'eau de pluie sur les feuilles à inoculer.

On choisit le bouquet de feuilles ou l'extrémité de rameau qui semble le plus favorable par le nombre de feuilles d'âges différents ; on place l'étiquette annotée avant d'inoculer car il arrive que l'on casse les jeunes rameaux ou les feuilles en la plaçant. On étale l'inoculum (dont le pour cent de germination a été contrôlé), et on note cette opération sur les fiches.

La succession des inoculations est rapide et on arrive à inoculer 220 à 250 feuilles à l'heure, ce qui pour une campagne qui dure environ un mois peut nous faire un total d'environ 5 000 feuilles (5 599 par ex. en 1953), étant entendu que le climat est le seul régulateur des périodes d'inoculation en plein air, conditions dans lesquelles nous avons seulement pu travailler.

Lorsque nous avons réalisé des inoculations sur du matériel en pot, forcé en serre, après l'inoculation, par temps pluvieux, nous avons sorti ces individus afin qu'ils bénéficient de l'humidité naturelle, n'ayant pu réaliser un milieu artificiel convenable. Cela a facilité la pénétration du champignon. Rentrés en serre quelques heures après nous avons pu constater que chez ces individus la durée de l'incubation se trouvait ainsi raccourcie (la température plus élevée de la serre a vraisemblablement provoqué ce développement plus rapide).

Certitudes dans les inoculations

On pourra contester nos expériences et nous demander de prouver la confiance que nous avons dans nos inoculations faites en plein air, sans aucune protection. Nous répondrons en comparant les deux feuilles (fig. 3), l'une, inoculée par nous, présente une multitude de macules portant des pycnides et donc provenant de plusieurs points de pénétration que l'on ne peut concevoir que par un apport massif jamais observé dans la nature, même dans des cas de contiguité des hôtes ; l'autre présente une seule macule avec un petit nombre de pycnides ; cette dernière feuille n'a pas été inoculée par nous et seule une infection naturelle a pu avoir lieu.

Une telle distinction nous permet de dire avec certitude si nos inoculations ont été positives ou non ; la durée de l'incubation est également un test : une incubation supérieure à 25 jours peut être considérée comme étrangère à l'inoculation. Enfin, nous inoculons toujours un bouquet de feuilles, et la réponse à l'inoculation a lieu sur plusieurs feuilles simultanément.

L'inoculation-retour (Rosacées → Genévriers) donnerait aussi des indications, mais outre qu'elle est difficile à réaliser (nous n'en avons pas réussi à ce jour) elle est longue : la fructification du parasite n'intervient généralement sur le Genévrier que la deuxième année après l'inoculation.

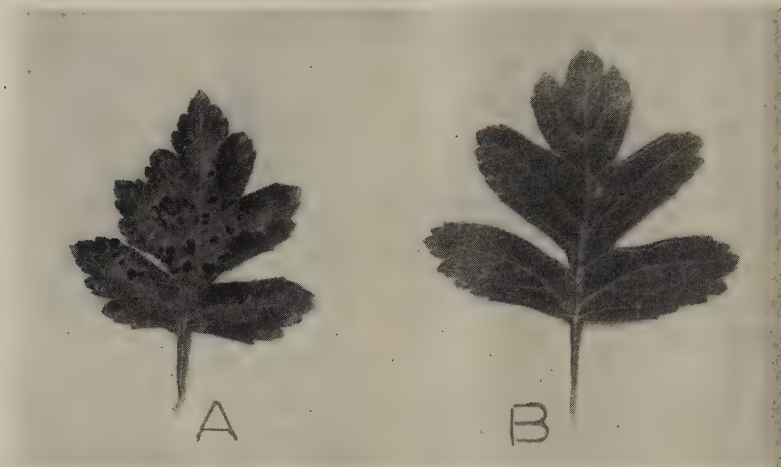


FIG. 3. — A. Feuille de *Crataegus monogyna* inoculée artificiellement avec *G. contusum*.
B. Feuille de *Crataegus monogyna* présentant une seule macule provenant d'une inoculation naturelle.

*
* *
*

En résumé :

1^o Le travail est long parce qu'il nécessite une prospection pendant une courte période de l'année, ce qui oblige à reprendre plusieurs années de suite les observations. (En ce qui nous concerne nous poursuivons nos observations depuis 1944.)

2^o Le travail est pénible, car la prospection des Genévriers a lieu en plein hiver et de préférence sous la pluie (distinction morphologique des sores gélatineux).

3^o Le travail est encore long parce qu'il nécessite une série d'inoculations tributaires des conditions atmosphériques. Les résultats de ces inoculations doivent être suivis quotidiennement sur les Rosacées durant les mois d'Avril, Mai et Juin, pour la plupart des espèces et jusqu'en Octobre pour le *G. fuscum* sur Poirier.

3. — Techniques microscopiques

Les observations et mensurations de spores sont faites dans l'eau. L'acide lactique gonfle légèrement les tissus et ainsi les mensurations seraient faussées.

Quant à l'étude microscopique du champignon à l'intérieur des tissus de l'hôte, nous faisons tremper les coupes dans l'eau de Javel, un temps variable (environ 1 h) pour en chasser l'excès d'amidon. Le montage consécutif au bleu coton lactique à chaud permet la coloration du champignon.

L'étude de la cuticule dans le développement des feuilles des Rosacées a été réalisée sur des coupes faites à la main et montées dans le Soudan III lactique. En chauffant les coupes sur lames, la coloration de la cuticule développée est instantanée.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SPÉCIALE DES ESPÈCES
DE GYMNOSPORANGIUM MÉDITERRANÉENS

La première partie de ce mémoire contient les données générales qui doivent nous servir à l'étude spéciale qui en constitue cette deuxième partie.

Cette partie comportera une série de chapitres dont chacun sera réservé à une espèce de *Gymnosporangium*. Nous avons préféré les grouper ainsi dans un ordre systématique de préférence à un ordre biologique, afin de faire ressortir l'unité de chaque espèce, nous réservant de comparer dans les conclusions les différents résultats de nos observations et les caractères distinctifs de chaque espèce.

Plan de l'étude de chaque espèce de *Gymnosporangium*

Nous avons dans nos prospections et nos expérimentations étudié les diverses espèces de *G.* Nos observations les plus importantes portent cependant sur *G. gracile* de beaucoup le plus mal connu. Aussi le considérons-nous comme un type d'évolution des espèces que nous étudions ici. C'est pourquoi nous nous étendrons davantage sur cette espèce ; au cours des études des autres espèces nous nous y référerons.

Le plan d'étude que nous avons adopté est le suivant :

- I. — Historique. Répartition géographique.
- II. — Le champignon.
 - Nomenclature.
 - Cycle connu.
 - Cycle établi par nous.
- III. — Étude morphologique et biologique.
 - A. — Diplonte.
 - 1. — Morphologie et anatomie.
 - a) Morphologie du parasite.
 - b) Morphologie de l'hôte.
 - c) Conséquences anatomiques et physiologiques du complexe.
 - 2. — Biologie.
 - a) Conditions générales du développement du parasite.

- b) Évolution de l'hôte.
- c) Influence de quelques facteurs naturels sur la réalisation du complexe.

B. — Haplonte.

1. — Morphologie et anatomie.

- a) Morphologie du parasite.
- b) Morphologie de l'hôte.
- c) Conséquences anatomiques et physiologiques du complexe.

2. — Biologie.

- a) Conditions générales du développement du parasite.
- b) Évolution de l'hôte.
- c) Influence de quelques facteurs naturels sur la réalisation du complexe.

IV. — Conclusions.

Nous avons adopté un tel plan parce qu'il correspond, à notre avis, à une étude logique du parasite et de ses conséquences. Nous étudions d'abord le stade télén en effet, envisagé de cette manière au cours d'une même année météorologique ⁽¹⁾, on voit se développer tous les stades. De plus, le diplonte est perenne sur les Genévriers et produit plusieurs années de suite, au début du printemps, des spores à partir desquelles se fait l'infection sur les Rosacées.

L'haplonte au contraire, est annuel, quelle que soit sa position sur la plante (feuille, tige ou fruit) et l'infection des Rosacées par les basidiospores doit avoir lieu obligatoirement chaque année. Or l'haplonte commence à la basidiospore qui a son origine sur le télén ; cela est encore en faveur d'un tel plan d'étude.

Envisagé dans ce sens, le cycle peut être étudié en quelques mois. Au contraire, si nous avions d'abord étudié le stade écidien nous aurions été obligé d'attendre la deuxième année après celle de l'infection, pour voir apparaître les symptômes de maladie sur l'hôte télén. Il est enfin plus aisé de réaliser les infections et par suite de suivre le cycle dans le sens Genévrier-Rosacée que dans le sens inverse.

⁽¹⁾ CHAPTAL (1923) propose comme durée de l'année météorologique : 1^{er} décembre au 30 novembre. Nous nous rallions à cette division en raison des relations étroites qui existent avec l'évolution des *Gymnosporangium* dont l'activité débute en décembre.

CHAPITRE PREMIER

GYMNOSPORANGIUM GRACILE Pat.

Le *G. gracile* a été peu étudié, vraisemblablement en raison de l'extension limitée de son hôte télien : *Juniperus oxycedrus*. La biologie de cette Urédinée est mal connue et la plupart des descriptions antérieures manquent de précisions au point qu'il y a eu des confusions (avec *G. clavariaeforme*, en particulier).

Nous avons étudié cette espèce et réalisé expérimentalement des inoculations sur diverses Pomacées, apportant ainsi un certain nombre de précisions et confirmations sur la biologie et la morphologie de ce parasite. Nous relaterons cette étude selon le plan que nous avons établi dans les pages précédentes.

I. — HISTORIQUE

Le *G. gracile* a été décrit par PATOULLARD en 1902 en Afrique du Nord sur le *Juniperus oxycedrus* L. ; il provoque sur cet hôte des déformations caractéristiques que l'on dénomme *Balais de sorcière*. Cet aspect seul, et l'hôte télien de ce champignon permettent de le distinguer des autres espèces européennes ⁽¹⁾ et G. PATOULLARD a remarqué la répartition des sores sur toute la longueur des rameaux du balai. Il a également observé l'existence de deux types de spores : spores allongées à membrane mince, spores courtes à membrane épaisse. Il n'a pas réalisé d'inoculations expérimentales sur des Rosacées, se bornant à soupçonner la possibilité de l'existence du stade écidien sur *Crataegus oxyacantha*. Il a également constaté l'affinité de cette espèce avec *G. clavariaeforme* par les téliosporos, mais l'en distingue par la disposition et la forme des sores.

MAIRE, DUMÉE et LUTZ (1903) le signalent en Corse.

P. A. et D. SACCARDO (1905) transcrivent la diagnose de PATOULLARD.

MAIRE (1905, 1908) étudie la formation des téliosores et la localisation du mycelium à l'intérieur des tissus. Il essaie en outre d'inoculer différentes Rosacées (*Crataegus monogyna*, *Mespilus germanica*, *Coto-*

(1) En Amérique d'autres espèces de *Gymnosporangium* provoquent aussi sous leur phase télienne des balais de sorcière sur divers *Juniperus* :

<i>G. nidus-avis</i> Thaxt.	sur	<i>J. virginiana</i> L.
<i>G. Kernianum</i> Bethel	—	<i>J. utahensis</i> (Engelm.) Lemm.
<i>G. juvenescens</i> Kern	—	<i>J. virginiana</i> L.
		<i>J. scopulorum</i> Sarg.
<i>G. Nelsoni</i> Arth.	—	<i>J. monosperma</i> (Engelm.) Sarg.
		<i>J. scopulorum</i> Sarg.

Par contre, une espèce récemment décrite par LONG et GOODDING (1939) : *G. vauqueliniae* provoque à son stade écidien des balais de sorcière sur *Vauquelinia californica* Sarg. (Rosacée sempervivente). Le stade télien provoque aussi une prolifération sur les rameaux de *J. monosperma*. Les auteurs ne précisent pas s'il y a pérennité du mycelium écidien ou si le balai de sorcière meurt chaque année.

neaster vulgaris) mais n'a obtenu aucun résultat positif. Il signale enfin l'existence de balais de sorcière sur *J. oxycedrus* en Algérie et en Corse.

HARIOT (1908) met, avec doute, *G. oxycedri* Bres. en synonyme de *G. gracile* Pat. ARNAUD (1923) rectifie cette erreur et considère ces deux espèces comme nettement distinctes.

TROTTER (1908) ne fait que reproduire les descriptions classiques ; il ne signale pas ce parasite en Italie où il existe vraisemblablement.

KERN (1911) le met en synonyme de *G. clavariaeforme*. P. et H. SYDOW (1912) font de même.

JAAP (1916) fait état d'une opinion de BRESADOLA selon laquelle le *G. oxycedri* n'est pas une espèce différente de *G. gracile*.

MAIRE (1917) sépare nettement les deux espèces *G. gracile* et *G. clavariaeforme* grâce à la formation du balai de sorcière par la première. Cette distinction sera adoptée plus tard par Ed. FISCHER qui fera ressortir d'autres différences, en particulier, en ce qui concerne le stade écidien : morphologie des cellules du pseudopéridium. Nous y reviendrons plus loin. MAIRE signale ce *G.* très répandu dans l'Atlas.

G. et Mad. ARNAUD (1923) trouvent cette espèce très abondante dans le Gard. Ils signalent l'ignorance du stade écidien. Ces auteurs ont aussi remarqué la présence sur le même pied de Genévrier oxycèdre de plusieurs espèces de *G.*

GONZALEZ FRAGOSO (1924) suppose son existence en Espagne et donne seulement les dimensions des téliospores ; quant à l'hôte écidien il se réfère à PATOUILLARD (*Cr. oxyacantha*) et à MAIRE (*Cr. monogyna*).

Ed. FISCHER (1927, 1929, 1930) distingue le *G. gracile* par le balai de sorcière et par les sores plus courts et plus minces que chez *G. clavariaeforme*. Il a réalisé des infections positives, sur *Cr. oxyacantha* et sur *Cydonia maliformis*, qui lui ont permis de voir un « péridium » semblable à celui de *G. clavariaeforme*, avec cependant des cellules péridiales moins aiguës que dans cette dernière espèce. En ce qui concerne les téliospores, alors que la plupart des auteurs se référant à la diagnose originale signalent une ou deux cloisons, FISCHER (1930) signale ne pas avoir vu deux cloisons. Pour notre part, au cours de nos très nombreuses observations microscopiques nous n'avons rencontré qu'une seule téliospore munie de deux cloisons. Les études de FISCHER ont été faites en Suisse d'après des récoltes qu'il avait faites à Carqueiranne (Var).

MARESQUELLE (1930) fait une étude anatomique du balai de sorcière. Nous y reviendrons. Ses prospections localisent l'aire d'extension de ce parasite dans le Midi de la France, en particulier : Gard, Vallée du Vidourle ; Hérault à Ganges.

Dans une note de vulgarisation, GUYOT (1931) attire l'attention sur les balais de sorcière formés de « branches serrées en touffe dense » d'après PATOUILLARD.

G. et Mad. ARNAUD (1931) se basant sur les travaux de FISCHER signalent l'infection possible mais irrégulière du Cognassier et de l'Aubépine. Leur traité de Pathologie végétale est illustré de photographies de balais de sorcière prises à Cavillargues (Gard).

GONCALVES da CUNHA (1936) dans sa liste des Urédinées du Portugal ne cite pas *G. gracile*.

CROWELL (1940) considère qu'il existe, en plus des espèces spéciales à chaque continent, trois « espèces tricontinentales » de Gymnosporangium : *G. aurantiacum* Chev., *G. juniperinum* (L.) Mart., *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. Cette dernière grande espèce englobe selon cet auteur : *G. gracile* Pat., *G. oxycedri* Bres., et *G. orientale* Syd. L'extension de cette grande espèce porte sur les trois continents (Amérique, Asie et Europe-Afrique du Nord). Nous pensons cependant qu'il faut y voir plusieurs espèces distinctes ; en effet *G. gracile* a, à notre connaissance, une répartition limitée à l'aire du *Juniperus oxycedrus*, elle-même limitée à la zone méditerranéenne. Or, cette extension ne ressort pas de la carte de CROWELL sur la répartition de *G. clavariaeforme*.

VIENNOT-BOURGIN (1949) donne la description classique et groupe les stations où le parasite a été recensé : sud-est de la France, Antibes, Corse, environs de Nîmes d'après PATOUILLARD. Au sujet du stade écidien, il écrit : « On n'est pas encore nettement fixé à son sujet. » Il entrevoit la possibilité de son existence sur *Crataegus oxyacantha* d'après PATOUILLARD, sur *Cr. monogyna* d'après MAIRE et sur *Cydonia* d'après FISCHER.

Enfin L. ROGER (1953) estime la durée du balai de sorcière à 4-5 ans et localise le parasite en Afrique du Nord et dans le Midi de la France.

T. SAVULESCU (1953), SOUSA da CAMARA (*in litt.* 1954) et J. de URRIES (*in litt.* 1954) ne signalent pas son existence en Roumanie, Portugal et Espagne.

Répartition

Comme on le voit, les auteurs qui ont étudié ce champignon sont peu nombreux et les prospections sont rares. On retrouve les indications de stations d'Afrique du Nord, de Corse et du sud-est de la France (fig 5).

Les détails manquent. Il n'en reste pas moins que nous avons affaire ici à un parasite strictement méditerranéen et peut-être même méditerranéen occidental (fig. 4), c'est ce que nous pouvons affirmer en l'état actuel de nos connaissances.

MAYOR (1949) cite les balais de sorcière dans les environs de Montpellier d'après ses récoltes de 1929.

Nous avons trouvé *G. gracile* en grande abondance dans les environs de Montpellier. C'est en se basant sur nos observations que KUHNHOLTZ-LORDAT le cite dans sa « Flore des environs de Montpellier » (1948).



FIG. 4. — Carte de répartition de *G. gracile*. dans le bassin méditerranéen.

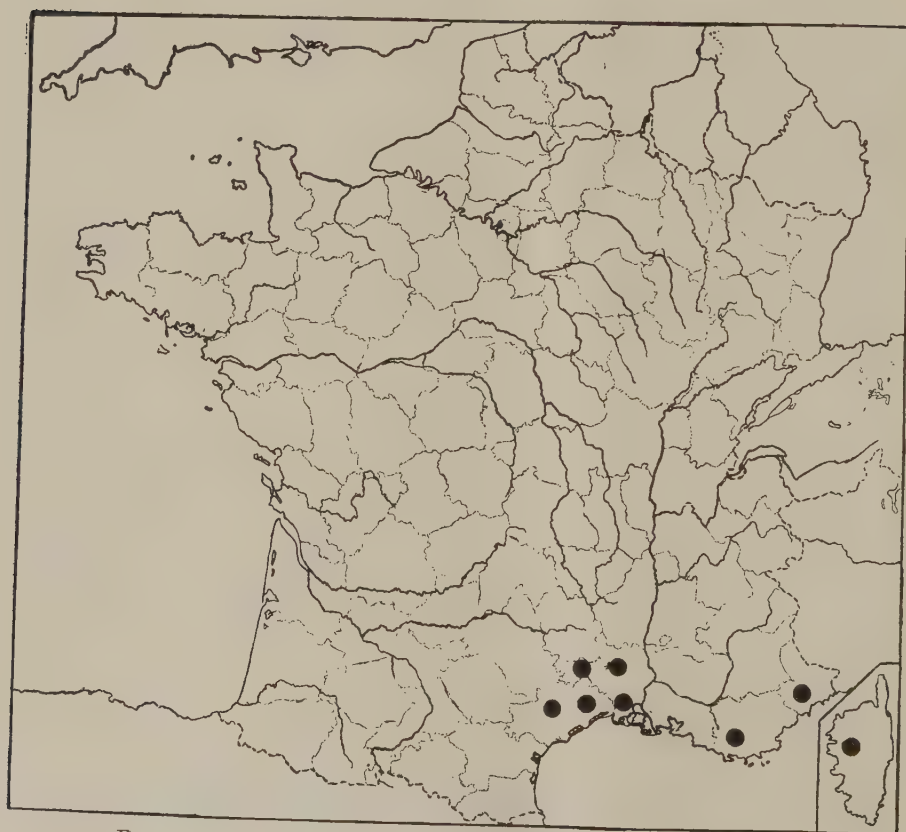


FIG. 5. — *G. gracile*. Répartition en France dans le Midi méditerranéen.

Influence de l'homme sur la distribution géographique

Un peuplement dense de *Juniperus oxycedrus* à Langlade (Gard) nous a montré (Janvier 1953) très peu de balais de sorcière. Il s'agit d'un peuplement important de Genévriers âgés (hauts de 5 m) installés sur une ancienne vigne (Cadastre de 1835) et vigne jusqu'en 1875 (Phylloxera). La parcelle a une superficie de 10 à 12 ha ; elle est peuplée de Chênes verts (*Quercus ilex*) aussi élevés ou même plus élevés que les Genévriers et de Pins d'Alep dont la cime dépasse l'ensemble. Cette parcelle, difficilement pénétrable (quelques sentiers de chasseurs), abandonnée à elle-même (non exploitée) se trouve éloignée de 2 km de Langlade et de 1 km de Caveirac. Les cultures les plus proches sont à 1 km. C'est seulement en ces points-là que l'on peut rencontrer des Rosacées en relation pathologique avec les Genévriers. La distance séparant les deux hôtes et les difficultés de pénétration du massif de Genévriers expliquent l'absence de balai de sorcière. Les rares balais (2 ou 3 sur toute la parcelle) relevés dans ce peuplement se maintiennent mais n'interviennent pas dans la propagation de la maladie.

Un autre exemple est fourni par le relevé cadastral (1/1 250) que nous avons fait du bois de Fontfroide-le-Haut à 7 km au nord de Montpellier (fig. 2 bis). Nous avons relevé les divers Genévriers et leurs parasites ; nous avons pu constater la prédominance du *G. gracile* dans le voisinage des Aubépines et Cognassiers formant des haies de vignes le long de la route.

Ces deux exemples illustrent bien le rôle de l'homme dans la propagation des maladies et dans le maintien des foyers (maintien au-delà de la durée d'un balai de sorcière, perenne, par réinfestation de Genévriers par les écidiospores formées sur les Rosacées).

II. — LE CHAMPIGNON

A. — Synonymie

Ainsi que nous l'avons déjà dit dans l'historique de cette espèce, *G. gracile* a été décrit par PATOUILLARD en 1902. A partir de cette description aucune dénomination nouvelle n'a été attribuée à cette espèce par ceux qui l'ont étudiée. Les synonymies qui avaient été vues par divers auteurs se sont révélées fausses : ainsi HARIOT (1908) avait mis en synonymie (avec doute d'ailleurs) *G. oxycedri* Bres. KERN (1911) et JAAP (1916) avaient également fait ce rapprochement. G. et Mad. ARNAUD ont rectifié cette erreur en 1923.

P. et H. SYDOW (1912) avaient mis *G. gracile* en synonymie de *G. clavariaeforme* (Jacq.) Reess.

MAIRE (1917) fait la distinction entre ces deux espèces ; cette distinction basée en particulier sur la formation du balai de sorcière par *G. gracile* est aujourd'hui adoptée par tous.

Le binome s'établit donc ainsi :

Gymnosporangium gracile Pat. 1902.

B. — Cycle

G. gracile attaque le *Juniperus oxycedrus* L. et *J. macrocarpa* Sibth. et Sm. (sous-espèce de *J. oxycedrus*) ⁽¹⁾ sur lesquels il provoque des balais de sorcière perennes qui portent en février les téliosores constitués par les téliospores qui donnent les basidiospores au mois de Mars. Celles-ci infectent les Pomacées sur lesquelles apparaissent les spermogonies puis les écidies qui produisent les écidiospores qui à leur tour infecteront les Genévriers. Ce cycle de la téliospore à l'écidiospore, est très rapide. C'est un des plus courts parmi ceux des *G.* de notre région.

Nous résumons ci-dessous les différentes tentatives réalisées pour l'établissement du cycle de *G. gracile* par les différents auteurs et par nous-même :

J. oxycedrus L.	Crataegus oxyacantha (<i>sic</i>)	? (<i>sic</i>)	Patouillard 1902
	Cr. monogyna (<i>sic</i>)	< o	Maire 1905-1906
	Mespilus germanica (<i>sic</i>)	< o	
	Cotoneaster vulgaris (<i>sic</i>)	< o	
	Cr. oxyacantha s. l.	> o	Fischer 1927-1930
	Cydonia maliformis (<i>sic</i>)	> o	
	Cr. monogyna	> o	Maire et Werner 1937
	Cr. monogyna Jacq.	> o	
	Cydonia { maliformis Miller { lusitanica Tourn { oblonga Miller	> o	
	Amelanchier ovalis Med.	> o ? ⁽¹⁾	
Cr. ruscinonensis Gr. et Bl	< o		
Pyrus amygdaliformis Vill.	< o		
Pyrus communis L.	< o		
Pyrus malus L.	< o		
Sorbus domestica L.	< o		

⁽¹⁾ Sur Amelanchier, nous avons obtenu exceptionnellement la formation de spermogonies, mais les écidies ne sont jamais arrivées à se développer malgré les mélanges de nectar que nous avons pu opérer.

⁽¹⁾ JORSTAD, 1943.

III. — ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

Nous comprenons ici l'ensemble des phénomènes qui accompagnent la production des téliospores, leur maturation et leur germination en basidiospores jusqu'à la libération de celles-ci. Nous conservons les basidiospores dans ce paragraphe, bien qu'elles fassent partie de l'haplonte.



FIG. 6. — Un jeune pied de *J. oxycedrus* entièrement déformé par *G. gracile*.

en raison de leur production sur l'hôte télien. Nous donnerons d'abord une description de ce stade de ce champignon ainsi que de ses répercussions anatomiques et physiologiques sur l'hôte. Ensuite nous étudierons les conditions de développement du parasite dans ses rapports avec l'hôte d'une part, avec le milieu d'autre part.

Seuls le *Juniperus oxycedrus* et sa variété *macrocarpa* sont à notre connaissance porteurs de la phase télénne du *G. gracile*. L'action du

parasite se traduit par la formation d'un balai de sorcière. Cette déformation caractéristique est perenne ; elle est visible de loin même en dehors de la période de sporulation (fig. 6), contrairement aux déformations provoquées par les autres *G.* de la région méditerranéenne.



FIG. 7. — Sores non gonflés sur un rameau de balai de sorcière.

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° SORES. — Sur toute la longueur des rameaux du balai de sorcière apparaissent au début du printemps des sores de $3-4 \times 0,7-1$ mm de couleur orangée (fig. 7). Sous la pluie ces sores (téliosores ou clavules) gonflent et atteignent : $8-12 \times 2-3$ mm.

2° SPORES. — Bicellulaires, on en distingue morphologiquement deux types (fig. 8-10).

— Télisporos à membrane épaisse colorée ;

— Télisporos à paroi mince incolore.

Tous les auteurs qui ont étudié ce *G.* n'attachent pas d'importance

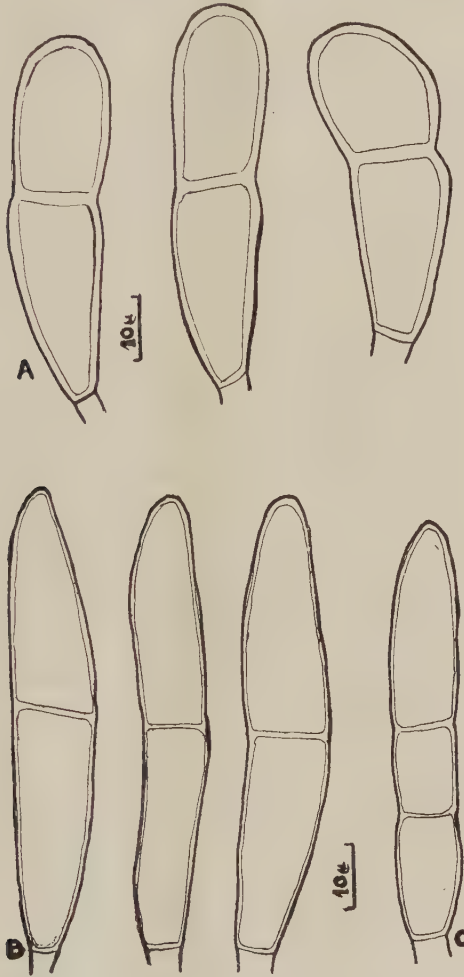


FIG. 8. — *G. gracile*.
A. — Télisporos à membrane épaisse.
B. — Télisporos à membrane mince.
C. — Une télispore à 2 cloisons.

à ces deux types de spores que l'on retrouve avec des caractères plus tranchés chez les autres espèces que nous étudierons par la suite. Cependant, PATOUILLARD (1902) a décrit ces deux types nettement différents par leur forme et leur position dans le sore. TROTTER (1908) fait la distinction entre les deux types par les dimensions. G. FRAGOSO donne éga-

lement les deux types de spores ; quant à FISCHER (1930) il cite le type allongé dont il donne les mensurations et « un autre type arrondi ».

Les spores à paroi colorée, que pour d'autres espèces nous qualifions

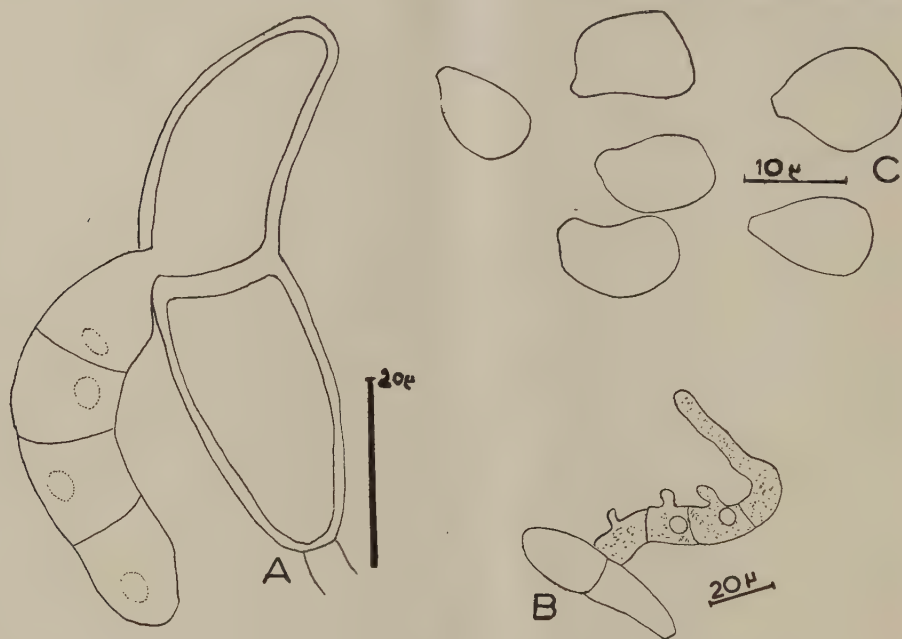


FIG. 9. — *G. gracile*. — A, B : Germination de téléospores. — C : Basidiospores.

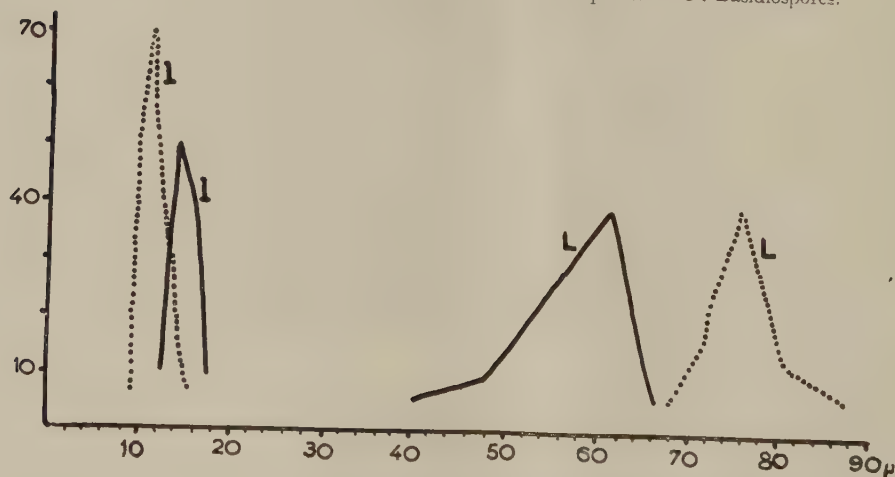


FIG. 10. — *G. gracile*. — Dimensions comparées des longueurs (L) et largeurs (l) des deux types de téléospores. — en trait plein : spores trapues ; en pointillé : spores incolores.

de trapues en raison de leur forme presque isodiamétrique, ont, en ce qui concerne *G. gracile* leur cellule supérieure arrondie, plus petite que la cellule inférieure.

Par exemple : longueur cellule supérieure 22,4 — 25,2 — 25,2 μ ;
longueur cellule inférieure 28 — 34 — 36 μ .

Au contraire, les spores à paroi mince incolore ont leurs deux cellules identiques et symétriques par rapport à la cloison médiane ; elles sont fusiformes.

Dimensions des spores

— Spores à membrane colorée :

$$47 - 64 \times \frac{13 - 16,5 \text{ (cell. sup.)}}{11,2 - 14 \text{ (cell. inf.)}} \text{ (moy. } 58 \times 15) \mu$$

membrane 2,5 — 2,8 μ , brun clair.

Pédicelle hyalin très long jusqu'à 250 $\times$ 5,6 μ .

Rétrécissement au niveau de la cloison : 12,6 μ .

Deux pores par cellule au voisinage de la cloison.

— Spores à membrane incolore :

$$72-86 \text{ (} \rightarrow 90) \times 11,2-15 \mu.$$

Les deux cellules sont identiques et symétriques.

Membrane 1,2-1,5 μ , hyaline.

Pédicelle hyalin très long avec une lumière de 16 μ à la base.

Pas de rétrécissement au niveau de la cloison.

Deux pores par cellule au voisinage de la cloison.

KIENTZ-GERLOFF (1888) a étudié chez *G. clavariaeforme* ces deux types de spores ; il attribuait aux spores allongées fusiformes le rôle d'urédospores en raison du mode de germination. RICHARDS (1889) a montré que les différences de mode de germination vues par KIENTZ-GERLOFF provenaient seulement des méthodes utilisées (dans un excès d'eau les spores germent par un filament très long).

D'autre part, ainsi que nous l'avons dit, la plupart des auteurs signalent une ou deux cloisons aux téléutospores. FISCHER (1930) n'a jamais vu deux cloisons ; nous n'avons rencontré qu'une seule spore présentant deux cloisons.

Baside et Basidiospore (fig. 9). Les télisporos germent dans la masse gélatineuse dans des conditions que nous étudierons plus loin. Chaque cellule donne un *promycelium* ou baside qui mesure en moyenne 36 $\times$ 7 μ . La baside, à son tour, se divise en quatre cellules qui forment chacune un stérigmate (4-5 μ) portant une basidiospore : 10-12 $\times$ 7-8 μ .

Les basidiospores, unicellulaires, réniformes ont une membrane très mince. Elles sont munies d'un petit bec.

b) Morphologie de l'hôte

Dans notre région, *Juniperus oxycedrus* L. (genévrier oxycèdre ou Cade) a presque toujours la taille d'un arbrisseau ; quelques exemplaires isolés

et préservés (bord de parcelles cultivées) atteignent 4-5 mètres de haut. Lorsqu'ils atteignent une telle hauteur, leur feuillage est très clair. Les feuilles sont étalées, verticillées par trois, linéaires, à pointe fine et piquante, portant deux bandes blanchâtres en dessus. Le fruit est brun rouge, luisant.

C'est un arbre dioïque ; nous avons cherché s'il existait une relation entre le sexe et le parasitisme des *G.* En ce qui concerne *G. gracile*, nous avons par exemple vu un pied mâle indemne voisiner un pied femelle couvert de balais de sorcière. Nous avons rencontré ailleurs de nombreux pieds mâles porteurs de ces déformations.

Nous n'entrons pas dans le détail des variétés. En effet, du point de vue pathologique nous n'avons observé aucune différence.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du complexe hôte-parasite

1^o MORPHOLOGIE. — Le parasitisme du champignon provoque sur le Genévrier un balai de sorcière formé par une exubérance des ramifications.

MAIRE (1906) pense que le mycélium a une action stimulante sur les bourgeons et amène un accroissement en longueur des rameaux, mais non leur épaissement.

Dans son étude morphologique MARESQUELLE (1930) décrit le balai de sorcière comme une boule compacte, formée par les rameaux enchevêtrés, non pénétrée par la lumière. Sa position sur l'arbre est quelconque et parfois la déformation peut intéresser l'arbre tout entier. Les rameaux du centre et leurs feuilles meurent et s'accumulent sur place. La croissance du balai de sorcière se fait par la périphérie où les jeunes ramifications dépourvues de tropismes forment un chevelu. Les rameaux sont plus ou moins réguliers et contournés. Quant aux feuilles elles ne sont pas modifiées dans leur forme ni dans leur insertion.

Morphologiquement, les rameaux du balai de sorcière ne sont pas hypertrophiés (contrairement aux déformations causées par d'autres *G.*).

En résumé MARESQUELLE considère le balai de sorcière comme dû à un excès de ramification ou polycladie causée par la présence du mycélium, ces ramifications se dirigeant toutes vers le haut à partir d'un certain âge.

Nous avons, pour notre part, repris les observations de MARESQUELLE. Nous ne pouvons que les confirmer. Cependant, partant de ces observations, nous apportons quelques détails complémentaires.

Le balai de sorcière a généralement des dimensions moyennes de 20-60 cm de diamètre. Cependant sur certains sujets âgés, nous en avons vu qui atteignaient 1 m de diamètre (fig. 11).

Les rameaux du balai de sorcière ont des ramifications abondantes. Il y a une excitation des bourgeons adventifs sous l'influence du mycélium. La figure 12 représente un rameau sain ne portant qu'une seule ramification et un rameau extrait d'un balai de sorcière présentant à chaque nœud au moins un bourgeon adventif développé. Le résultat est une prolifération des ramifications qui donne l'aspect général, compact, touffu à la déformation.



FIG. 11. — *G. gracile*. — Balai de sorcière de 1 m de diamètre.

Ce sont là les caractères généraux des balais de sorcière.

La position de ces déformations est quelconque : tronc, rameaux latéraux, branches terminales. Lorsque l'infection a lieu sur un jeune sujet celui-ci peut être entièrement transformé en une boule.

L'orientation des rameaux du balai de sorcière est constante. En effet, quelle que soit l'orientation du rameau de base, les éléments du balai sont sensiblement verticaux : ainsi une branche faisant un angle

d'environ 15° avec l'horizontale, se redresse brusquement à son extrémité, déformée par *G. gracile* (fig. 14-15-16).

Nous avons aussi observé un rameau horizontal dont les ramifications parasitées étaient espacées et dressées, présentant une mort basifuge (fig. 13-15-16). Bien que le rameau horizontal ne porte plus de sores le mycélium y existe, mais la partie active s'est déplacée vers les extrémités des rameaux. Les sores d'ailleurs se produisent sur les parties les



FIG. 12. — A gauche : un rameau sain ; à droite : un rameau prélevé sur un balai de sorcière. Les deux rameaux ont été prélevés sur le même pied. Ils ont le même âge. On notera la dénudation du rameau du balai (partie âgée de 3 ans). Les bourgeons adventifs se sont développés sur le rameau de 2 ans. Sur le rameau sain, seul un bourgeon adventif s'est développé. Les feuilles se sont, de plus, conservées plus longtemps sur ce rameau (3-4 ans).

plus jeunes (vivantes) moins subérisées (suber naturel de l'aoûtement, ou suber d'origine parasitaire consécutif à la chute des sores).

Les rameaux supplémentaires qui se forment sur les branches ont leur point de départ au voisinage les uns des autres. C'est cet excès de ramifications qui forme plusieurs souches qui a fait qualifier de polystype ce balai de sorcière par opposition au balai de sorcière monostype formé par une seule souche (*Melampsorella caryophyllacearum* (DC.) Schr.) (MARESQUELLE).

La base, sur laquelle prennent naissance les nombreuses ramifications qui constituent le balai de sorcière, est hypertrophiée (fig. 15). Au-delà de ce point le diamètre du rameau est normal.

Le nombre des rameaux qui constituent la touffe du balai de sorcière

rend cette masse opaque ; bien que la plupart de ces rameaux centraux soient morts, leur accumulation sur place contribue à cette opacité.

Dans notre région, *Juniperus oxycedrus* est spontané ; il ne présente pas d'intérêt au point de vue ornemental et par suite, les déformations causées par *G. gracile* n'ont pas d'importance économique. Il en serait

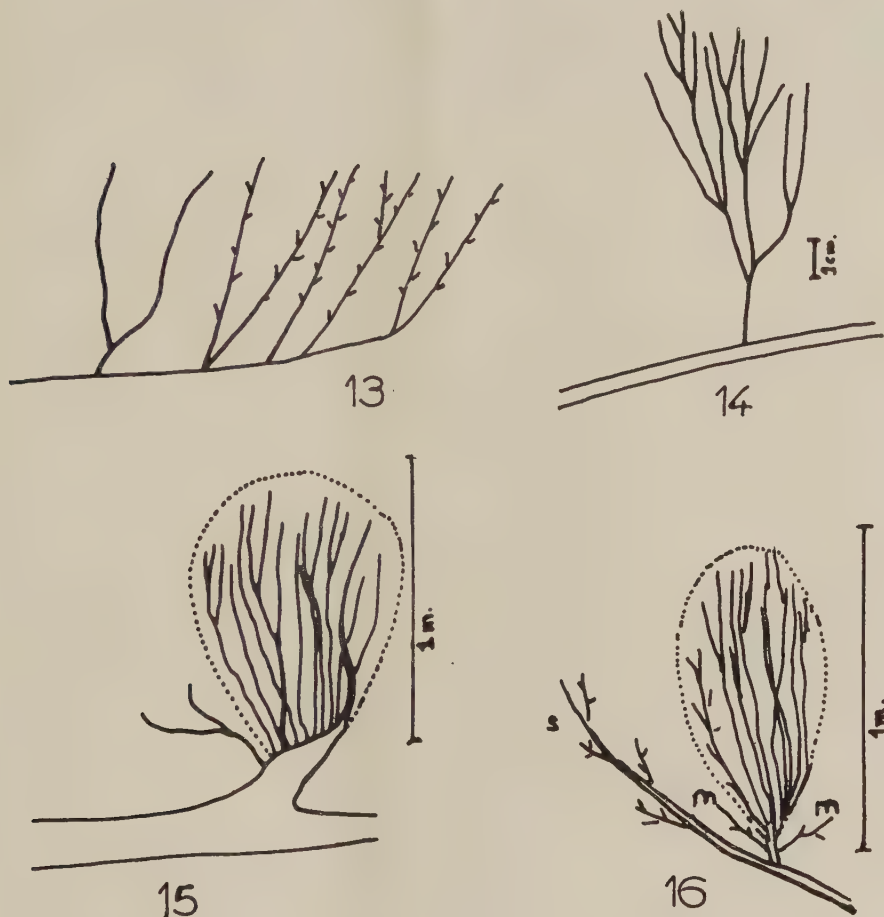


FIG. 13. — Rameau horizontal portant de nombreuses ramifications parasitées par *G. gracile*. Ces ramifications ne forment pas une touffe, mais ont cependant une direction verticale.

FIG. 14. — Rameau parasité dressé perpendiculairement à la branche de départ.

FIG. 15. — Rameau hypertrophié présentant à la base du balai une tuméfaction importante (accumulation de réserves).

Rameaux de la base secs.

FIG. 16. — Balai de sorcière latéral sur la branche saine (S).

A la base de la déformation, deux rameaux (m) sont morts.

autrement si les balais de sorcière venaient à apparaître dans les régions où ce Genévrier est utilisé comme ornement, les déformations détruisant alors l'intérêt de cette espèce. Nous n'avons pas connaissance que le parasite ait été signalé sur des Oxycèdres ornementaux.

2° ANATOMIE.

a) *Tige*. — MAIRE (1906) a étudié l'anatomie des rameaux du balai de sorcière. Le mycélium est selon cet auteur, localisé dans le parenchyme cortical et la partie externe du liber. Il est intercellulaire et constitué de filaments épais, noueux, cloisonnés. Ce mycélium pénètre dans les rayons médullaires jusque dans les régions peu éloignées du bois, mais ne l'atteint pas. Le bois est peu modifié, mais il est moins « exubérant » que dans les rameaux sains. Quant au liber il est peu sclérifié et les fibres péricycliques ne se forment pas ou ont des parois minces. Les éléments du liber ne sont pas hypertrophiés.



FIG. 17. — Suçoir de *G. gracile*.

Pour MARESQUELLE (1930) les caractères des rameaux du balai de sorcière ne sont pas différents de ceux des rameaux normaux. Extérieurement moins réguliers, ils sont contournés, mais conservent une structure normale sous un aspect plus grêle ; ils sont, de plus, mal aoûtés. Les rayons médullaires importants chez les organes jeunes et sains, se conservent chez les rameaux parasités, alors qu'ils disparaissent normalement chez les organes âgés.

Nous avons repris ces études anatomiques des rameaux parasités en les comparant avec des rameaux sains du même âge. Nos observations portent sur un rameau de 3 ans. Elles nous ont permis de confirmer certains points des études précédentes, mais aussi d'ajouter certains points nouveaux.

Sur des rameaux de l'année et des rameaux de 2 ans, avant l'aoûtement ⁽¹⁾, il existe dans le prolongement de chaque feuille un canal résinifère sous-épidermique. L'assise subéreuse corticale fonctionne pour l'aoûtement et rejette ces canaux qui ne persistent que dans les feuilles.

Sur une tige aoûtée on rencontre de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 18-19) :

— un liège épais formé d'éléments écrasés en surface et d'éléments em-

⁽¹⁾ Au sens classique du terme.

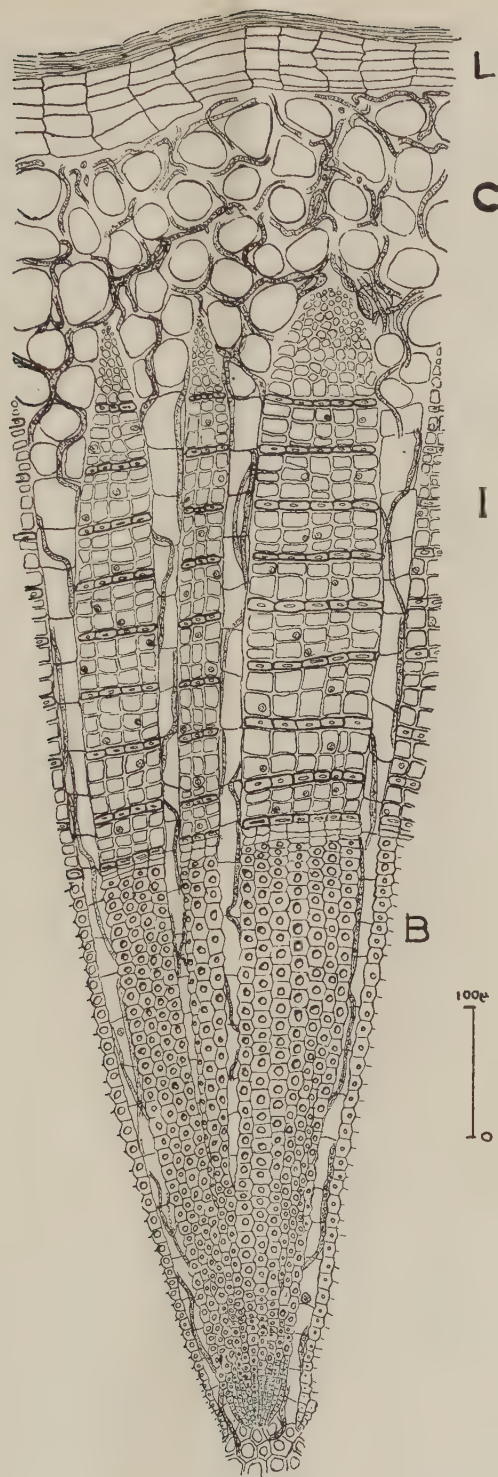


FIG. 18. — *G. gracile*. — Coupe d'une tige de balai de sorcière. — L, liège ; C, collenchyme ; I, liber ; B, bois. Le collenchyme cortical est désorganisé par le mycelium ; l'endoderme et le péricycle ne sont plus visibles. Les rayons médullaires sont pénétrés par le mycelium. Dans l'ensemble les différents éléments sont réduits.

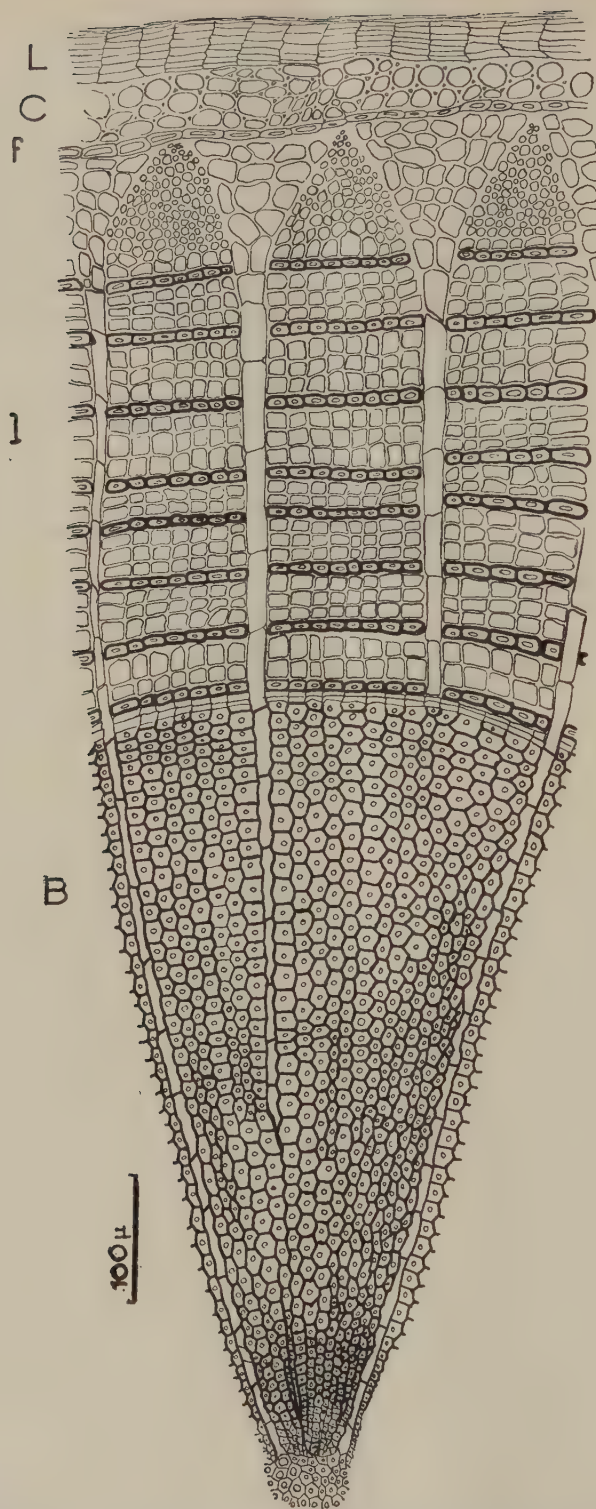


FIG. 19. — *J. oxycedrus*. — Coupe d'un rameau sain du même âge que celui de la figure 18. — L, liège ; C, collenchyme ; f, fibres péricycliques ; l, liber ; B, bois.

pilés sous-jacents. C'est en dessous de ces éléments que se forment les stromas sporifères (fig. 20) qui déchireront ce tissu pour faire la place aux clavules.

— un parenchyme plus ou moins collenchymateux, peu important dans la tige saine. Au contraire, le nombre des cellules est plus grand dans le rameau parasité et les méats inter-cellulaires sont remplis de mycélium qui les dissocie. C'est dans ce tissu que le mycélium s'agglomère au voisinage du liège pour former les stromas sporifères.



FIG. 20. — *G. gracile*. — 27 février 1953. Formation du stroma.
Hyphes parallèles ; début de soulèvement du liège.

— le péricycle formé de fibres en voie de sclérification n'est plus visible dans le rameau parasité. Il y a continuité entre l'écorce et le cylindre central. Le mycélium s'insinue donc entre ces cellules et pénètre dans le parenchyme interfasciculaire et de là dans les rayons médullaires qu'il suit jusqu'à la moelle.

— le liber est formé alternativement d'éléments mous et d'éléments durs. Le mycélium pénètre seulement les cellules molles ; les fibres scléreuses résistent à la pénétration.

— le bois, très compact, n'est pas pénétré par le mycélium. A son voisinage, seuls, les rayons médullaires sont parcourus par le mycelium. Les éléments du bois sont plus réduits en quantité dans l'organe parasité.

— la moelle, en voie de sclérification dans l'organe sain a une structure collenchymateuse dans l'organe parasité. Cette dédifférenciation provoquée par le parasite est à rapprocher de l'attrait des Urédinées pour le collenchyme. Un parasite du groupe des Urédinées pénètre en effet rarement jusque dans la moelle. Le collenchyme est un facteur de susceptibilité aux rouilles. Le sclérenchyme, au contraire, est un facteur de résistivité (HART 1931).

Les observations de PETIT (1939-1940) sur les rouilles des céréales permettent de préciser que la proportion sclérenchyme-collenchyme règle la pénétration du mycélium. En effet, le collenchyme est un tissu aisément dissocié par les enzymes hydrolysantes (produites par un certain nombre de champignons) et qui agissent sur les matières pectiques de la membrane.

Il existe cependant des cas où le mycélium est incapable de pénétrer des piliers de collenchyme. Il est vraisemblable qu'interviennent ici des caractères spécifiques d'une part et des stades de différenciation des tissus d'autre part.

b) *Feuille*. — Elle reste normale dans ses forme et insertion, mais elle est réduite dans sa taille par réduction de tous ses éléments, en taille et en nombre. Elle est d'un vert plus clair que la feuille saine. Nous avons groupé dans le tableau ci-dessous les caractéristiques de ces réductions :

	sur rameau sain	sur balai de sorcière
Dimensions de la feuille	12-15 × 2 mm	8-10 × 1-1,5 mm
Epiderme (cellule)	28 × 21 μ	25 × 18 μ
Cuticule (épaisseur)	8,4 μ	5,5 μ
Hypoderme (cellule)	18,8 μ diam.	11 × 14 μ
Parenchyme assimilateur (cellule)	42 × 21-28 μ	37 × 28 μ
Canal sécréteur (diamètre)	84 μ	70-84 μ
Hauteur du faisceau vasculaire	105 μ	84 μ

3° PHYSIOLOGIE

a) *Action sur la floraison*. — Le parasitisme de cette Urédinée entraîne la stérilité des rameaux. Cette observation de MARESQUELLE n'est pas générale ; nous avons, en effet, observé, rarement il est vrai, des balais de sorcière portant des sores (et donc, dont le mycélium était vivant) porter quelques inflorescences mâles émettant du pollen. Par contre nous n'avons pas rencontré de baies sur les balais de sorcière portés par les pieds femelles.

b) *Action sur la végétation*. — Bien que le balai de sorcière corresponde à une exubérance de la végétation, il ne semble pas qu'il tire à lui toute l'alimentation de l'arbuste et qu'il la déséquilibre à son avan-

tage. Les rameaux sains d'un arbuste, porteur de balais, ne se ressentent pas de la présence des balais. L'action du mycélium est localisé à la partie déformée.

L'allongement des rameaux du balai est un peu plus important que celui des rameaux sains. Il est surtout plus précoce ⁽¹⁾ : dès Janvier. Les

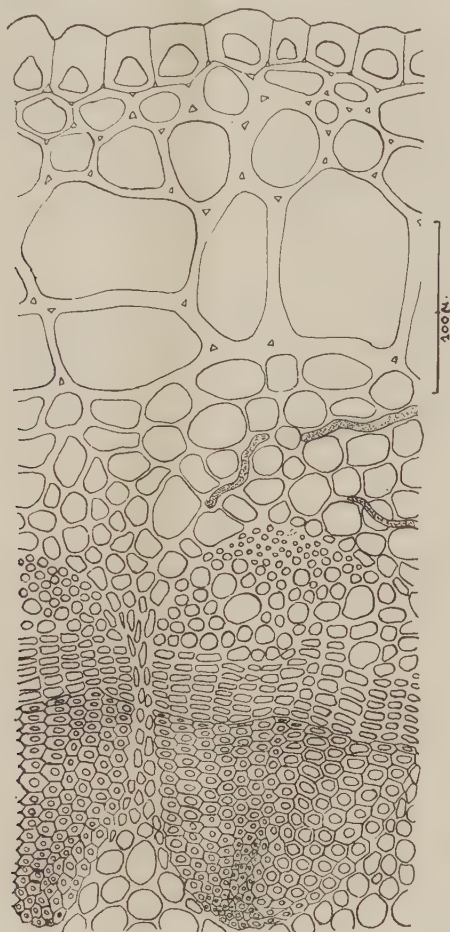


FIG. 21. — *G. gracile*. — Coupe transversale du rameau de l'année d'un balai de sorcière (décembre 1952).
On rencontre dans ce rameau les premiers filaments mycéliens.

pousses terminales de l'année ont jusqu'à 11 entrenœuds, en général 8-9 entrenœuds, plus allongés (4-5 mm) sur les rameaux parasités que sur les rameaux sains (3 mm). Les ramifications latérales atteignent rarement plus de 4 entrenœuds par an.

Quant à la période de chute des feuilles sur les rameaux du balai,

⁽¹⁾ Cette observation est un fait général chez les balais de sorcière provoqués par divers champignons. GÄUMANN (1950, p. 459, édit. angl.) signale d'après SCHELLENBERG (1915) une précocité de 2 semaines pour le balai de sorcière du Cerisier (*Taphrina cerasi*).

elle ne se trouve pas modifiée. Elle a toujours lieu, comme sur le rameau sain, à 3-4 ans.

MAIRE (1906) pense que le mycélium a une action stimulante sur les bourgeons, amenant leur accroissement en longueur, mais non leur épaississement.

Pour MARESQUELLE le mycélium s'avance dans les jeunes pousses, mais ne dépasse pas la zone de fructification du champignon ; il manque dans les entrenœuds les plus jeunes.

Nous avons exécuté des coupes transversales dans les entrenœuds de l'année (fig. 21) ; ainsi nous avons pu suivre le mycelium jusque dans le bourgeon terminal. Cependant nous ne l'avons pas vu atteindre les initiales. Ce point nouveau confirme cependant une action à distance du mycelium sur les initiales.

L'action du parasite sur la végétation des Genévriers nous a incité à rechercher si cette action n'avait pas un caractère plus général et ne serait pas le fait d'une hormone polyvalente. Pour cela nous avons réalisé des extraits de rameaux de balais de sorcière et des extraits de rameaux sains de Genévrier oxycèdre, par trempage dans l'eau de pluie, puis broyage. La plante test que nous avons utilisée est l'Avoine noire

TABLEAU F

Action de l'extrait de balai de sorcière sur la germination de l'Avoine.

	En serre				En étuve 20°			
	A	B	C	D	A	B	C	D
7 Février (semis)								
9 Février :								
% de germination	0	0	0	0	2	10	28	36
Longueur racine mm					1	2	3	5
10 Février :								
% de germination	2	4	3	3	72	89	92	67
% de racines 10 mm					3	20	19	36
11 Février :								
% de germination	2	11	10	4				
Longueur 1 ^{re} feuille					2 cm	3 cm	3 cm	4 cm
% de cette longueur					65	62	65	70
24 Février :								
Longueur 1 ^{re} feuille cm	5	6	6	7				
Longueur 2 ^e feuille cm					6	6	6	6
6 Mars :								
Longueur 2 ^e feuille cm	5	5,5	5,5	6				
9 Mars :								
Longueur 2 ^e feuille cm	6	6	6	6				
Longueur 3 ^e feuille cm	1	1	1	0				

Les essais ont été faits dans des cristallisoirs dont le fond était recouvert de papier buvard. Les différents lots étaient les suivants :

- A. — témoin (eau de pluie) .
- B. — extrait de tige saine de Genévrier.
- C. — extrait de tige et feuilles saines de Genévrier.
- D. — extrait de balai de sorcière.

de Moyencourb ⁽²⁾. Nous avons réalisé des lots de 100 graines chacun. Des lots semblables ont été mis en étuve et en serre, mais dans les deux cas le pourcentage de germination et l'allongement des organes (racine ou tige) ont été plus élevés dans le lot traité avec l'extrait de balai de sorcière que dans les témoins. Nous donnons dans le tableau F les résultats de cette expérience.

De ce tableau il ressort l'action accélératrice de l'extrait de balai de sorcière sur la germination. Cette action cesse vite malgré l'apport régulier de substances correspondantes ; la croissance se trouve même inhibée dès avant la formation de la 3^e feuille.

Un autre essai a été effectué en faisant tremper les graines dans les divers extraits. Des résultats comparables ont été obtenus. Ils sont rassemblés dans le tableau G.

TABLEAU G
*Action de l'extrait de balai de sorcière
sur la germination de l'Avoine par trempage des graines.*

	En étuve						En serre		
	Pas de trempage			Trempage préalable 20 h.			Semé en terre après trempage en étuve		
	E	F	G	E	F	G	E	F	G
12 Février				sur buvard			trempage 20 h.		
13 Février :									
% de germination	8	4	12	1	4	6			
18 Février :									
% de germination	55	67	75						
Longueur racine cm.....				2-3	2-3	3			
20 Février :									
Longueur 1 ^{re} feuille cm	3	5	1,5	8	8	8			
21 Février :									
% de germination							45	24	8
Longueur 1 ^{re} feuille cm	6	8	4	10	10	10			
23 Février :									
1 ^{re} feuille cm	8	8	8	10	10	10	3	3	3
2 ^e feuille cm		2	1	1	1	4			
28 Février :									
2 ^e feuille cm	6	6	8	5,5	6	6	2	2	1,5

Les désignations des trois lots sont les suivantes :

E. — témoin (eau de pluie).

F. — extrait de rameaux sains de Genévriers.

G. — extrait de rameaux de balais de sorcière.

De ces expériences, comme des précédents essais, il ressort que l'influence de l'extrait de balai de sorcière est très nette au début de la germination ; cependant elle cesse très rapidement. Dans les semis effectués en terre après trempage l'influence est nulle ou même retardatrice.

⁽²⁾ Avoine de printemps ; obtention française (Hybride naturel C. BENOIST, 1944), demi-précoce, bonne résistance à la verse. Nous remercions ici M. le professeur ALABOUVETTE qui nous a aimablement fourni cette semence.

Sur le Genévrier, l'excitation provoquée par le parasite est continue, vraisemblablement en raison de la croissance continue du mycélium et tout se passe comme si le mycélium produisait une substance excitant la croissance terminale et le développement des bourgeons dormants, ces deux faits contribuant à donner l'aspect touffu caractéristique du balai de sorcière.

Nous avons cherché à voir s'il existait une relation entre les sores et l'alimentation du balai. Pour cela nous avons pratiqué le 16 février 1949 une incision annulaire vers la base du balai. Nous avons constaté lors de la maturité des sores que ceux-ci étaient plus petits (1 mm) et moins rigides que sur le témoin (1,5 mm) pris sur le même balai. Quant au pourcentage de germination des spores il est identique dans les deux cas.

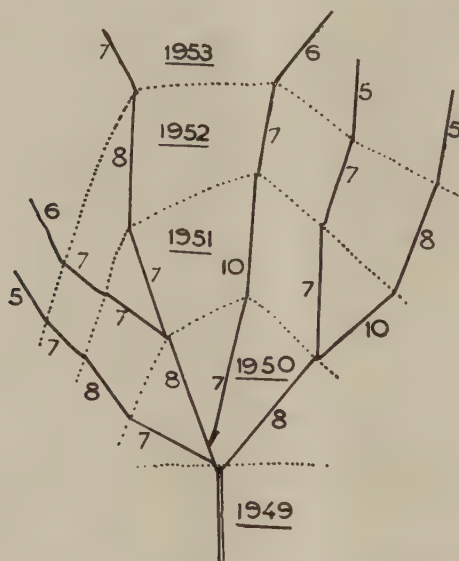


FIG. 22. — Allongement annuel des rameaux de balai de sorcière.
Les chiffres indiquent le nombre d'entre-nœuds développés chaque année.

La réduction de l'alimentation a seulement provoqué une diminution dans le nombre de spores qui se traduit par une diminution de taille du sore.

c) *Evolution du balai de sorcière.* — Le début de la formation d'un balai de sorcière n'a pas été vu, ni réalisé expérimentalement. Nous avons tenté un grand nombre d'inoculations de Genévriers dans des conditions de milieu très différentes sans obtenir de résultats. L'infection a vraisemblablement lieu sur le bourgeon ou à son voisinage (sur la tige de l'année).

Le mycélium du *G. gracile* progresse rarement vers la base du rameau ; c'est un avantage pour sa destruction : en coupant le rameau 30 à 50 cm en dessous du balai on est certain de supprimer la zone d'ac-

tion du parasite (GUYOT 1931). Le mycelium a en effet besoin de tissus jeunes, il n'a donc pas tendance à progresser vers la base.

Nous avons vu que la croissance des rameaux du balai de sorcière est peu différente de celle des rameaux sains, si ce n'est la précocité de la croissance et les entrenœuds un peu plus longs dûs à la présence du parasite (fig. 22).

Les rameaux intérieurs au balai meurent, comme nous l'avons déjà dit, par manque de lumière et de place. En effet, ces rameaux intérieurs sont très ramifiés et seules parmi ces ramifications se conservent celles qui sont exposées à la lumière (périphérie) et qui ne sont pas gênées par les autres rameaux.

Les ramifications de la base du balai se dessèchent lentement et finissent par tomber.

La *durée* d'un balai de sorcière a été estimée par un petit nombre d'auteurs. G. et Mad. ARNAUD (1923, p. 159) écrivent sans autre précision : les balais de sorcière « persistent plusieurs années et semblent porter plusieurs fois des fructifications du champignon ». VIENNOT-BOURGIN (1949, p. III14) précise les observations d'ARNAUD et limite la durée des déformations à 4 ou 5 ans.

ROGER (1951) signale également une durée de 4 ou 5 ans.

Nous estimons plus longue la durée de ces touffes et nous pouvons même en dater la plupart en nous basant sur le développement annuel des rameaux (nombre des rameaux, aoûtement, chute des feuilles...). C'est ainsi que nous avons calculé l'âge de plusieurs exemplaires : un balai de 30 cm de haut a généralement plus de 10 ans : en effet, la pousse de l'année n'est pas aoûtée ; la pousse de deux ans est en voie d'aoûtement (rougissement), en retard sur l'aoûtement d'un rameau sain ; la pousse de trois ans est aoûtée et sa base commence à perdre ses feuilles ; au delà, en se basant sur les ramifications dont l'amorce a lieu l'année précédant l'allongement on peut facilement estimer l'âge d'une telle déformation.

De plus, au cours de nos prospections, depuis 1944, dans les mêmes stations nous avons très rarement observé la mort naturelle de balais. Enfin la production de sores a lieu plusieurs années de suite et on peut même dire tant que le balai n'est pas mort.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Sur les rameaux vivants du balai, en dessous du liège de l'écorce, se forment dans le courant de l'hiver des stromas mycéliens qui donneront naissance aux spores groupées en une colonnette (sore ou clavule).

Ces stromas se forment à divers niveaux sur les entrenœuds des rameaux. Cependant nous ne les avons pas vus sur les pousses de l'année. Ils se forment sur les rameaux d'au moins trois ans (rarement sur la pousse de deux ans).

Les clavules apparaissent sur tous les rameaux du balais, sur tout leur pourtour et sur toute leur longueur même sur les rameaux défeuillés. Cette répartition des sores différencie le *G. gracile* des autres espèces dont les sores sont localisés sur une hypertrophie du rameau.

D'une manière générale les sores ne sont pas visibles à la surface des rameaux avant le 20 février ⁽¹⁾. Cependant, en suivant l'évolution des rameaux avant cette date, on voit se former, dès la fin du mois de Janvier, (20-25 Janvier), les stromas sous le liège et en premier lieu sur la face la plus ensoleillée des balais et des rameaux.

Peu après la formation des stromas se différencient, dans le courant du mois de Février, les premières téliospores (spores fortement colorées). Ces spores sont presque isodiamétriques *au début* ; par la suite elles s'allongent, tout en restant plus courtes que les spores allongées. Elles sont pourvues d'un pédicelle qui s'allongera au fur et à mesure que s'allongera la clavule. Ces premières spores formées occuperont la surface du sore et joueront un rôle de protection.

Ensuite, vers le 10 février se formeront, avant l'éclatement du liège, les premières spores allongées à membrane mince peu ou pas colorée, pourvues également d'un long pédicelle.

La formation du stroma portant les premières spores formées se distingue à la surface du rameau par des boursouflures. Le liège éclate sous la pression du stroma et des spores. De même que MAIRE (1906) l'a signalé, nous n'avons pas observé la présence de cellule-tampon (buffer-cells) entre le parasite et le liège.

Les sores commencent à être visibles, en année moyenne, dans les stations abritées du 15 au 20 Février et le 25 Février, la sortie est générale. Les sores d'abord petits (1 mm en tous sens) de couleur orangé foncé atteignent, rapidement, (début Mars) leur taille normale et leur couleur orangée. Ils sont alors capables à la faveur de la première pluie de gonfler ⁽²⁾ par la gélification des pédicelles des spores qui crée un milieu favorable à la germination des spores. Ce gonflement se conserve un temps variable (quelques heures) avec les conditions du milieu. En effet, ces longs pédicelles forment une grande partie de la masse du sore et ce sont eux qui, à maturité, se gélifient sous l'action de l'eau atmosphérique ou

⁽¹⁾ Les dates que nous donnons ici sont des moyennes sur plusieurs années d'études. Elles varient avec les conditions climatiques annuelles et locales (température, pluie...). Nous avons eu l'occasion d'enregistrer de telles variations d'une année à l'autre et même d'une station à l'autre au cours de la même année.

⁽²⁾ Le gonflement a lieu au laboratoire en 15 minutes, en déposant un sore dans une goutte d'eau.

d'un très fort brouillard (généralement insuffisant s'il n'est pas consécutif à une pluie).

Les sores gonflés atteignent des dimensions doubles qu'ils perdront en se desséchant. Si la température est suffisante, les spores germent et donnent basides et basidiospores. Il est fréquent, en début de saison, de voir les sores gonfler sous l'action de la pluie sans qu'il y ait pour cela germination des téliospores. On peut considérer qu'il y a dans ce cas différenciation chimique des pédicelles, mais non maturité physiologique des spores.

Après l'émission des basidiospores, les sores se dessèchent, reprennent des dimensions plus restreintes, un aspect tordu ou même se plaquent contre le rameau dans l'attente d'une nouvelle pluie pour permettre à d'autres spores de germer.

Lorsqu'on examine, à un faible grossissement un sore gélifié, sa surface apparaît grossièrement verruqueuse, formée de plages plus foncées (spores colorées) séparées par des canalicules plus clairs laissant apparaître les spores claires sous-jacentes et les pédicelles. Cette répartition est due au fait que les spores minces, internes, plus nombreuses provoquent, par le gonflement de leurs pédicelles, un « éclatement » du revêtement de spores colorées.

Sur des balais ayant déjà émis plusieurs années de suite, on voit sur les rameaux un grand nombre de cicatrices légèrement déprimées correspondant aux anciens points d'insertion des clavules. Ces dépressions sont tapissées par du liège qui s'est formé après la chute du sore. En effet, lorsque le sore tombe, entraîné par son poids (à l'état gélifié), il reste le stroma mycélien en dessous duquel se différencie le liège de cicatrification.

1° GERMINATION DES TÉLEUTOSPORES. — Nous n'avons pas constaté de différence notable dans la germination des deux types de spores. Cependant celles à membrane colorée semblent germer plus difficilement. La différence dans la période de formation et leur position à la surface du sore sont en faveur de leur rôle de protection, la membrane colorée étant considérée comme un caractère de résistance au froid ⁽¹⁾. On trouve fréquemment des spores trapues non germées dans les sores au mois d'Avril, alors que les spores allongées ont germé.

La cellule basale des spores germe la première. Lors du gonflement, par chacun des pores de la spore, un début de filament germinatif apparaît. Par la suite un seul filament par cellule se développera et donnera la baside.

Température de germination des téliospores. — Nous avons réalisé

(1) On retrouve ce caractère de membrane épaisse et colorée chez les téléutospores de *Puccinia veronicarum* DC. f. *fragilipes* qui passent l'hiver ; au contraire celles de la f. *persistens* ont une membrane mince et claire ; elles germent immédiatement (FISCHER, 1904).

des essais de germination à différentes températures. Nos comptages nous ont permis d'établir la courbe suivante (fig. 23) :

5°.....	0 %
7°.....	15 %
12°.....	80 %
16°.....	60 %
19°.....	45 %
22°.....	42 %
26°.....	37 %
30°.....	20 %
36°.....	0 % agglutination du contenu cellulaire

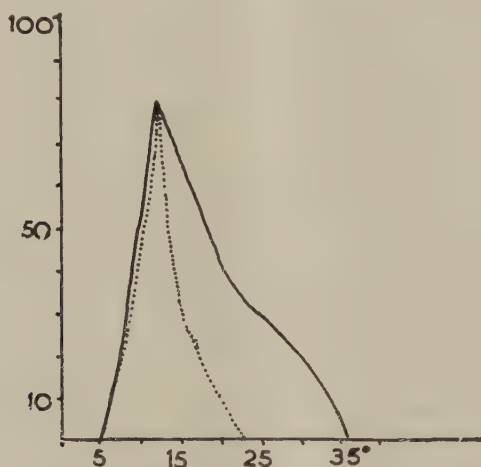


FIG. 23. — Températures de germination : des télisporos (en trait plein) ; des basidiosporos (en pointillé).

Des essais de germination à l'ombre et au soleil nous ont montré que l'ombre était plus favorable en raison de sa température moins élevée et de son action non desséchante.

Le temps nécessaire à la formation des basidiosporos est de 6-7 h.

Les basides se forment sur les spores les plus proches de la surface ; ce sont celles dont la maturité est la plus avancée. Les basides percent jusqu'à la surface de la masse gélatineuse et forment les basidiosporos qui sont projetées ou simplement détachées et se déposent en surface du sore. Dans ce dernier cas, elles donnent au sore un aspect jaune doré.

Certains auteurs pensent qu'il se produit à ce stade une différenciation des basidiosporos en + et —. Nous n'avons pu réaliser des infections à l'aide de basidiosporos isolées ; nous ne pouvons donc prendre parti dans ce débat. Il serait intéressant de réaliser des inoculations à partir de spores isolées sur une même baside et d'effectuer des croisements de nectars contenant des spermaties issues de ces quatre basidiosporos.

2° GERMINATION DES BASIDIOSPORES. — Les basidiosporos sont, soit projetées du stérigmate, soit plus simplement emportées par le vent. La projection a lieu à des intervalles de quelques secondes à quelques

minutes (BULLER 1909 in BESSEY 1952). Elle a lieu par l'intermédiaire de gouttelettes qui se forment dans l'espace de 10-20 secondes à l'extrémité de leur bec (BESSEY).

Les basidiospores germent facilement et immédiatement dans l'eau. Elles ont un pouvoir germinatif de courte durée en relation avec leur membrane mince.

Températures de germination des basidiospores (fig. 23).

5°.....	0 %
7°.....	14 %
12°.....	80 %
18°.....	28 %
22°.....	3 %

Elles germent dans une goutte de pluie, de rosée, un film d'eau. La pénétration du filament germinatif se fait à travers la cuticule des Rosacées.

b) Évolution de l'hôte (*J. oxycedrus*)

D'après GAUSSEN (1952) le Genévrier oxycède est un arbrisseau indifférent au sol, plus sensible au climat que *J. communis*. C'est une espèce méditerranéenne dont les limites sont celles du climat méditerranéen. Son optimum se trouve dans la zone subhumide de ce type de climat. Il ne dépasse guère la limite de l'Olivier. Il supporte davantage l'humidité que *J. phoenicea*, mais exige plus de chaleur et moins d'humidité que *J. communis*.

Au point de vue phytosociologique (BLONDEL, 1941, BRAUN-BLANQUET...) on le trouve, dans les stations où nous l'avons étudié :

— Compagne de l'*Onobrychidetum supinae* Br. Bl.

— Compagne du *Quercetum galloprovinciale* Br. Bl. (Corbières, Provence, Languedoc).

— Compagne du *Cocciferetum rosmarinetosum* Br. Bl. (de la Provence au Roussillon).

PONS (1953) dans le Vaucluse insère ce Genévrier dans l'évolution de la végétation en vue de la reconstitution de la végétation arborescente dans la série :

annuelle → $\begin{matrix} \text{Thym} \\ \text{Aspic} \end{matrix}$ → *J. oxycedrus* → *Quercetum ilicis* à oxycède

Selon PONS, le Genévrier s'installe dès les premiers stades de la thymaie à Aspic.

Il ne forme pas, dans notre région, de peuplements purs. C'est un indicateur d'anciennes forêts de Chênes dégradées par une exploitation abusive ou par le feu.

J. oxycedrus repousse après l'incendie (feux courants seulement), mais les *Gymnosporangium* qu'il portait sont généralement détruits : dans le cas du balai de sorcière généralisé à l'arbre entier, il est possible

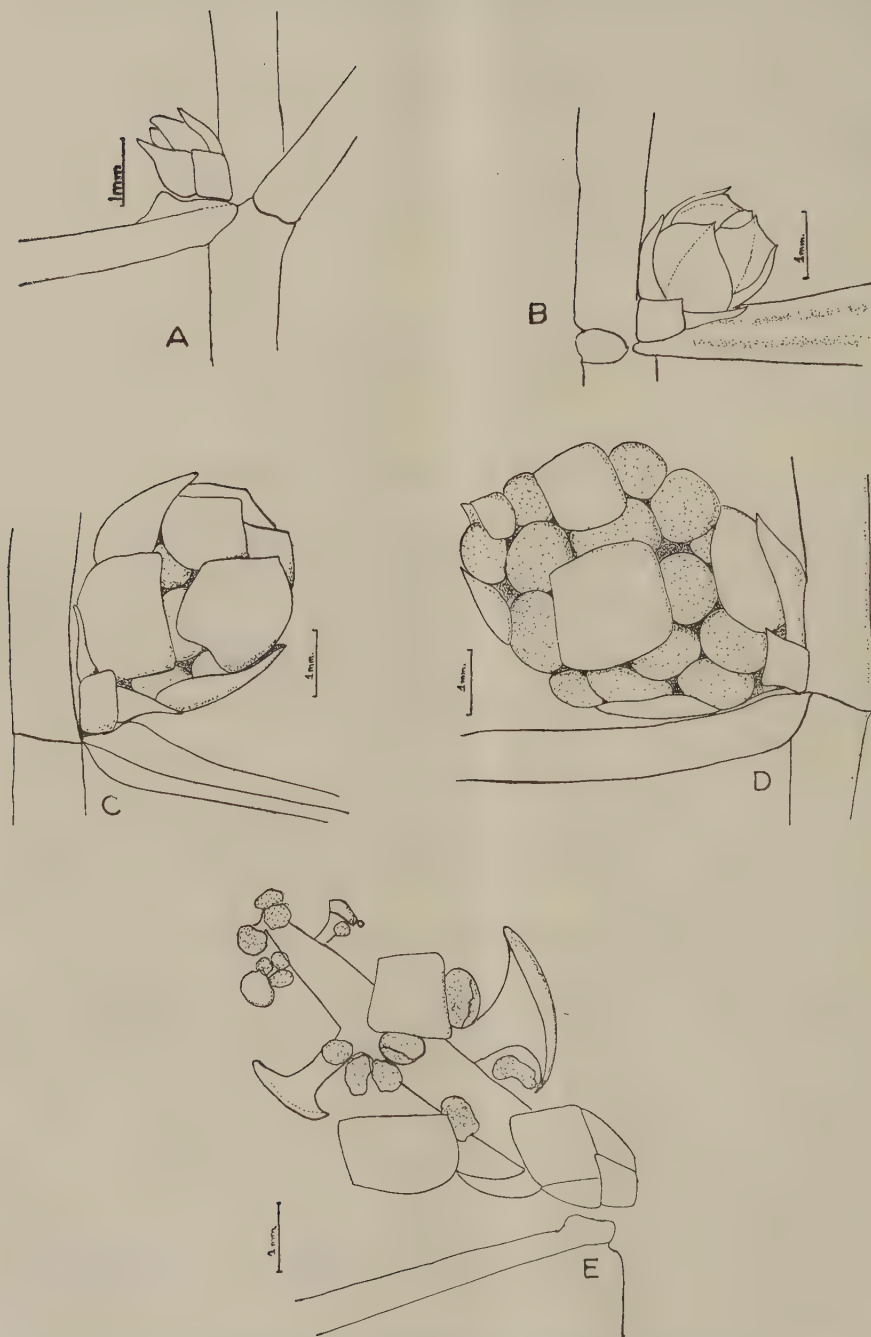


FIG. 24. — Développement de l'inflorescence mâle de *J. oxycedrus*. —
 A : fin août. — B : fin septembre. — C : début octobre. — D : mi-octobre. — E : fin octobre.

que le mycélium se conserve dans la souche et infecte les nouveaux bourgeons qui se développent, imprimant à la nouvelle charpente l'aspect de balai de sorcière.

Répartition : On trouve ce Genévrier dans le bassin méditerranéen : Péninsule ibérique, Italie, Grèce, Afrique du Nord, et en France dans les

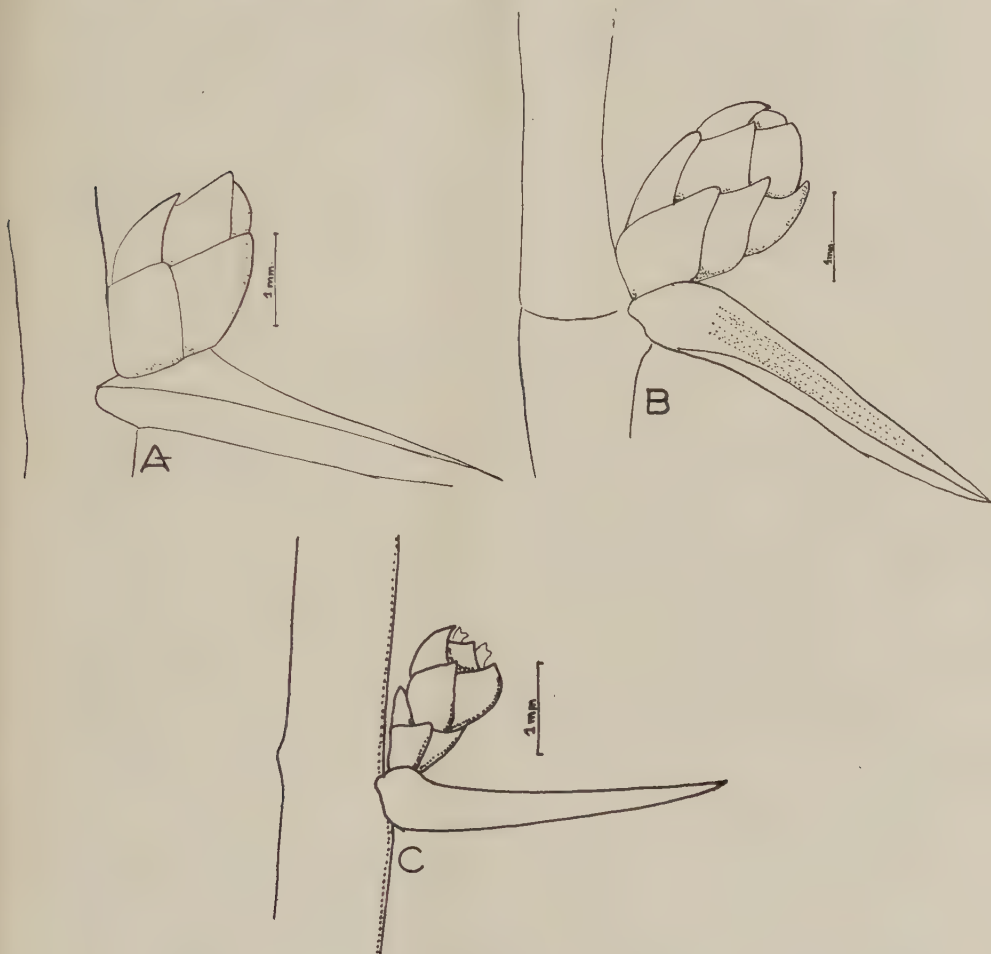


FIG. 25. — Développement de l'inflorescence femelle de *J. oxycedrus*. — A : début octobre. — B : mi-octobre. — C : fin octobre.

limites de la zone de l'Olivier. On le trouve jusqu'en Lozère (aux confins du Gard) à Saint-Étienne-Vallée-française (Herb. Lecocq 1846) et dans les Basses-Alpes (CHABOISSEAU).

Phénologie (fig. 24-25). — La floraison a lieu sur le rameau de l'année précédente et sur un ou deux entrenœuds de l'année. Les bourgeons floraux se forment en septembre. Ils sont visibles dans la 2^e décade et la pollinisation a lieu fin septembre début octobre. Elle est sous la dépen-

dance étroite des conditions atmosphériques. Elle se fait par temps sec et chaud. Elle est terminée fin octobre.

Parallèlement la formation et l'épanouissement des fleurs femelles a lieu. Les fruits se forment lentement et leur maturité intervient la 2^e année.

Nous avons suivi également le développement végétatif et nous avons pu constater que la croissance la plus importante avait lieu au printemps. En effet, pendant l'hiver il se forme un entrenœud ou deux. Au printemps (Mars-Juin) il se forme en moyenne 6-10 entrenœuds suivant la position du rameau.

La chute des feuilles a lieu lorsque le rameau atteint sa 4^e année. Le canal résinifère contenu dans la tige et qui se poursuit dans la feuille, disparaît de la tige avec l'aoûtement ; il est écrasé et expulsé.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon

L'étude du développement que nous avons donnée précédemment est un type moyen. Cependant interviennent divers phénomènes naturels qui modifient ce comportement. Ces modifications n'ont généralement qu'un caractère local, mais certaines ont, à notre avis, leur importance pour la connaissance de la biologie du champignon.

1° TEMPÉRATURE. — *G. gracile* est sensible aux basses températures, même à l'état mycélien : en effet, après un hiver froid et prolongé, les téliosores apparaissent beaucoup plus tard. Ainsi, en 1953 les sores apparaissent le 28 février et en 1954, le 3 Mars, alors que, en année moyenne ils apparaissent vers le 15 février ; l'évolution a donc été retardée par le froid de ces deux hivers. En 1955, à la suite d'un hiver particulièrement doux, les sores ont été visibles fin Janvier.

Un autre critère en faveur de la sensibilité à la température est l'apparition précoce des sores sur des individus des stations abritées. Ainsi à Grabels, aux expositions Sud et Sud-Est, soumises aux vents marins tièdes, les sores apparaissent plus tôt (une semaine) et en plus grand nombre qu'aux expositions Nord (soumises aux vents froids continentaux) sur une même colline.

De même dans les sous-bois abrités des vents du Nord, les sores sont plus précoces.

Enfin, sur le même balai de sorcière, les sores apparaissent d'abord sur la face la plus ensoleillée.

La température agit aussi lors de la germination : en particulier au premier gonflement du sore la température doit être suffisante pour permettre la germination avec production de basidiospores ainsi que la ger-

mination de ces dernières. Il nous est arrivé d'essayer de réaliser des inoculations trop précoces : nous n'avons obtenu aucun résultat, vraisemblablement en raison de la température trop basse alors que les spores avaient germé au laboratoire.

En 1946 (le 3 Mars) le minimum de température a été de -5° ; les clavules ont été gelées, alors même qu'elles n'étaient pas gonflées. Cela s'est traduit par un ratatinement des sores et par la déformation des spores qui ont été tuées.

2^o PLUIE. — La pluie, nous l'avons vu, est nécessaire au gonflement des sores. Il faut une certaine quantité de pluie que nous évaluons à 4 mm pour le gonflement seul, à condition qu'elle soit étalée sur plusieurs heures et non suivie de vent du Nord desséchant.

Une pluie fine et continue est préférable à une pluie violente. En effet, la violence de la pluie peut amener la chute des sores ; ce cas est assez rare chez *G. gracile* ; il est plus fréquent chez d'autres espèces à sores plus volumineux (*G. confusum*, *G. tremelloides*).

Lorsque la pluie, accompagnée de rafales de vent n'a pas été assez violente pour entraîner les masses gélatineuses, les sores se dessèchent, prennent un aspect tordu (4-5 $\times$ 1 mm) ou se plaquent contre le rameau, attendent de nouvelles pluies pour gonfler à nouveau et permettre aux spores, qui n'ont pas encore germé, de donner basides et basidiospores. Ce mécanisme, lié aux précipitations, peut se reproduire plusieurs fois dans le courant du mois de Mars.

Généralement les pluies du mois de Mars sont suffisantes pour que tous les sores aient disparu au début du mois d'Avril. Cependant si le nombre et l'intensité des pluies ont été faibles, et lorsqu'on a affaire à des balais de sorcière touffus, ou à des sujets abrités, les sores peuvent conserver leur activité plus longtemps (Avril).

La compacité du balai de sorcière joue un rôle dans la conservation de la turgescence du sore en créant un microclimat favorable. On peut rapprocher cette observation de celle basée sur la compacité du balai favorable à la création d'une température plus élevée.

3^o VENT. — Son principal rôle est la dissémination des basidiospores, soit au moment où elles sont projetées du stérigmate sur lequel elles se sont formées, soit après dessiccation du sore.

Selon qu'il est sec ou humide il inhibe ou il favorise la formation des basidiospores après la pluie. Un vent sec réduit l'humidité de la masse du sore ; au contraire un vent humide permet la formation d'un plus grand nombre de basidiospores par la plus grande conservation de la gélification du sore.

Un vent violent peut enfin faire tomber les sores turgescents, mais plus particulièrement ceux qui sont âgés.

4^o ANIMAUX. — Divers animaux, en particulier : mollusques, Arthro-

podés..., se trouvent attirés par les masses gélatineuses des sores. Ils les broutent, les détruisent, ou pondent dans leur masse.

Les sores de *G. gracile* sont trop petits pour exercer un pouvoir attractif sur ces prédateurs. Cependant la touffe du balai de sorcière renferme souvent, en son centre, parmi les feuilles et les brindilles mortes des escargots que nous avons trouvés sur d'autres espèces de *G.*

B. — HAPLONTE

C'est la phase la plus importante au point de vue arboriculture fruitière. En effet, elle a lieu sur les Rosacées. Elle comprend les spermogonies et les écidies qui provoquent des déformations sur les feuilles, les rameaux et les fruits et entraîne le plus souvent leur mort (feuilles, rameaux) ou leur momification (fruits).

Par inoculation nous avons établi quelles étaient les Rosacées qui entraient dans le cycle de *G. gracile* ; nous avons également suivi le développement de cette phase écidienne et nous avons pu enfin déterminer les conditions de pénétration.

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

La pénétration à l'intérieur des tissus de la Rosacée (*Cydonia*, *Crataegus*) du filament issu de la basidiospore provoque après une incubation de 10-15 jours une tache jaune clair sur laquelle apparaissent les spermogonies ; par la suite une tumeur se formera à l'intérieur de laquelle se développeront les écidies.

1° SPERMOGONIE. — La spermogonie apparaît généralement à la face supérieure des feuilles sous forme d'un stroma sous-épidermique (fig. 26). Le mycélium s'insinue entre les cellules du mésophylle, mais ne provoque pas de modification tant que la fécondation n'a pas lieu. Le stroma est en forme d'outre et sa surface externe donne l'aspect d'un *péridium* par la seule intrication des filaments mycéliens.

Les spermogonies mesurent : 160 — 200 × 90 μ.

Les spermogonies qui apparaissent à la face supérieure (position normale) sont plus aplaties que celles qui se forment (plus rarement) à la face inférieure. Il est en effet plus facile au stroma mycélien de se développer dans les espaces aérifères du tissu lacuneux.

Les hyphes qui forment le péridium convergent en un point où ils font saillie à l'extérieur en ménageant une ostiole. Quelques hyphes plus

allongés res dépassent, ce sont les « hyphes flexueux ». L'ensemble de ces hyphes contribue à maintenir les gouttelettes de nectar à la surface des organes. Les hyphes flexueux sont d'autre part des portes d'entrée pour les spermaties de signe contraire qui viendront se déposer sur eux.



FIG. 26. — Spermatogonie de *G. gracile* sur *Cvdonia*.

Les spermaties sont produites à l'intérieur du conceptacle, à l'extrémité d'hyphes sporifère (fig. 27). Ces spermaties mesurent $6-8 \times 4 \mu$; elles sont petites, allongées, leur membrane est mince et leur vitalité est faible.

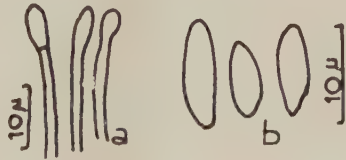


FIG. 27. — *G. gracile*. — a : Spermatophores ; b : Spermaties.

2^o ÉCIDIE. — La fusion des thalles de signes contraires est obligatoire pour que se déclenche la tumeur à l'intérieur de laquelle se différencient les écidies.

Dans la portion extérieure à l'hôte, l'écidie apparaît comme un pinceau de filaments plus ou moins soudés ou laciniés (fig. 28). Cette portion extérieure constituée par une partie du pseudopériidium mesure 0,4-1 mm de long. A maturité, le sommet est lacinié sur environ 0,1-0,2 mm et des ouvertures se forment sur sa longueur.



FIG. 28. — *G. gracile*. — Pseudopériidium à la surface d'une tumeur.

Dans la portion intra-tumorale, en coupe longitudinale, l'écidie apparaît comme constituée par (fig. 29) :

- un stroma mycélien qui se prolonge latéralement pour former un périidium vrai ;

- un plateau d'hyphes écidiosporigènes, formés sur le stroma mycélien et dont l'assise périphérique donne naissance à des cellules homologues des écidiospores : les cellules pseudopériidiales dont l'ensemble forme le pseudopériidium qui fait saillie à l'extérieur. Les hyphes produisent à l'intérieur de cette enveloppe les files de spores.

Le stroma mycélien est constitué d'hyphes épais contournés, étroitement enchevêtrés. A la périphérie les hyphes se prolongent en un *périidium* vrai ⁽¹⁾. Ces hyphes sont ici lâchement enchevêtrés. Ils accompagnent l'ensemble de l'écidie jusqu'à la surface de la tumeur.

3° PSEUDOPÉRIDIDIUM. — Isodiamétrique à l'apex, les cellules du pseudopériidium sont plus allongées vers le milieu des files ; elles sont à nouveau isodiamétriques à la base, au voisinage de la cellule-mère.

KERN (1910) a fait une étude de la morphologie de ces cellules. Il distingue une paroi interne orientée vers l'intérieur de l'écidie, généralement couverte d'ornements qui s'étendent même aux parois latérales

(1) Nous précisons ici que le *périidium* est issu de filaments végétatifs, alors que le *pseudopériidium* est issu de cellules-mères homologues des cellules-mères des écidiospores.

(en contact avec les cellules voisines) et une paroi externe orientée vers l'extérieur. L'étude complète des cellules pseudopériodiales comporte donc un examen de la face interne, un examen de la face externe et un examen

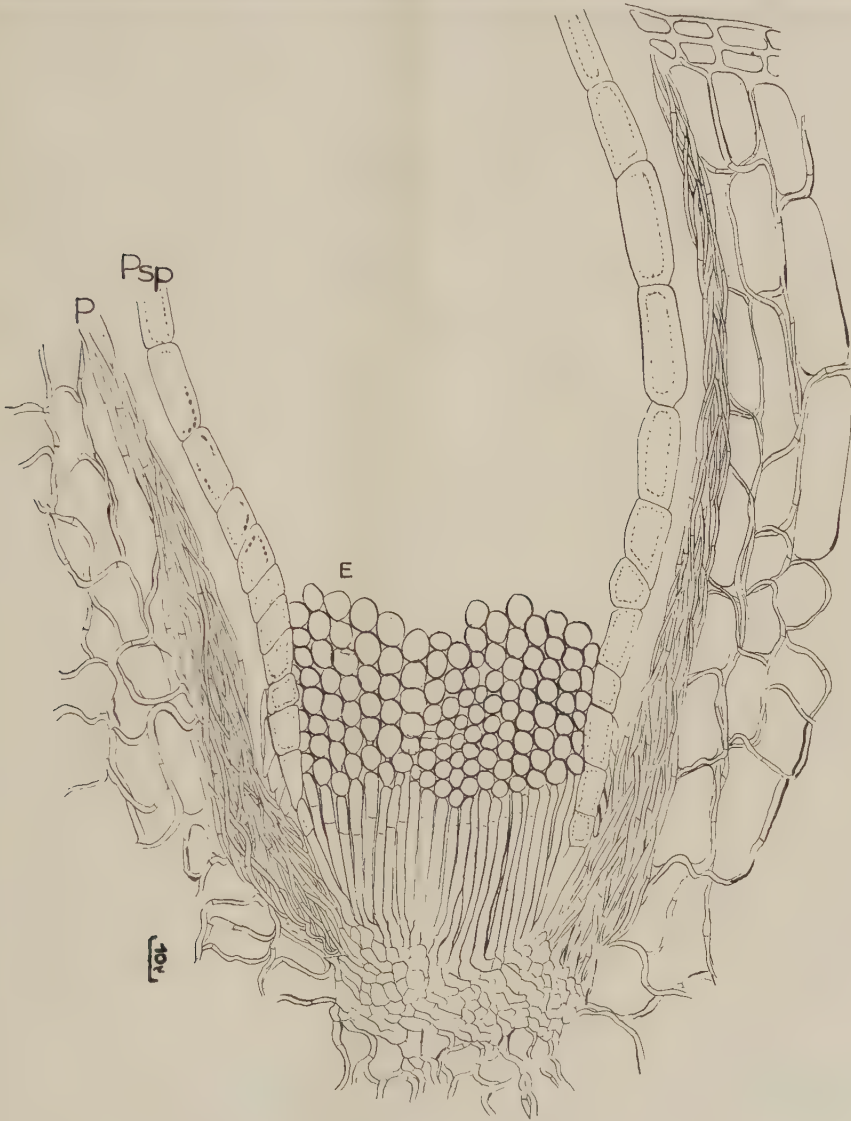


FIG. 29. — Coupe d'une écidie de *G. gracile*. —
P, périidium ; Psp, pseudopériidium ; E, chaînes d'écidiospores.

en coupe qui permet de voir la différence d'épaisseur des membranes interne et externe, caractères que nous considérons comme spécifiques avec la nature des ornementsations.

Les cellules du sommet du pseudopériidium (fig. 30-31) mesurent $50-70$ ($55-65$) $\times$ $35-45$ μ . Leur membrane, égale sur toutes les faces, a une

épaisseur de 3,7 à 4,5 μ . Les cellules suivantes sont de plus en plus longues dans la partie extérieure du pseudopériidium où elles mesurent jusqu'à 80-120 μ ($\rightarrow$ 140) $\times$ 17-32 μ . Ensuite elles deviennent progressivement plus courtes vers la cellule-mère.

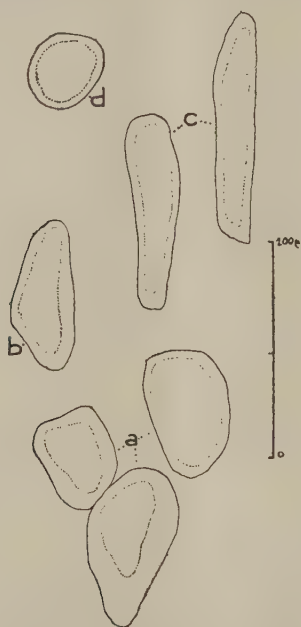


FIG. 30. — Cellules du pseudopériidium.
a : cellule de l'apex. — b : cellule moyenne. — c : cellules plus basses. — d : écidiospores

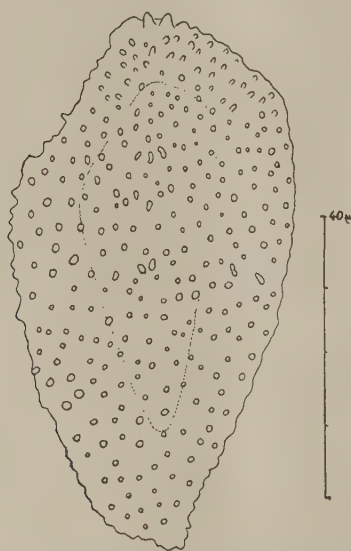


FIG. 31. — Cellule de l'apex du pseudopériidium.

Verticalement les cellules du pseudopériidium chevauchent. Ce chevauchement a pour but d'aider aux mouvements de cet organe.

Latéralement l'articulation des parois se fait par l'intrication (fig. 32) des ornémentations. La formation des fenêtres dans la partie externe du pseudopériidium a lieu par écartement des cellules vraisemblablement

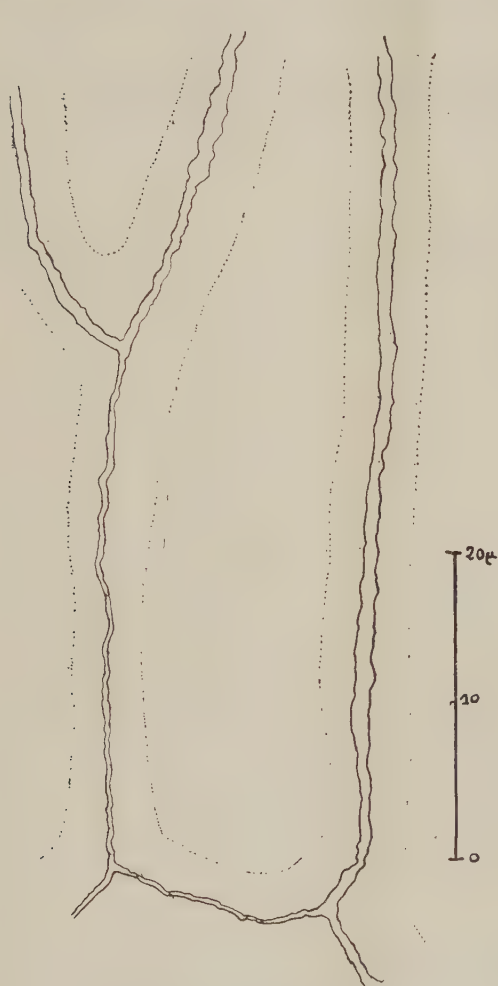


FIG. 32. — Articulation latérale des cellules du pseudopériidium.

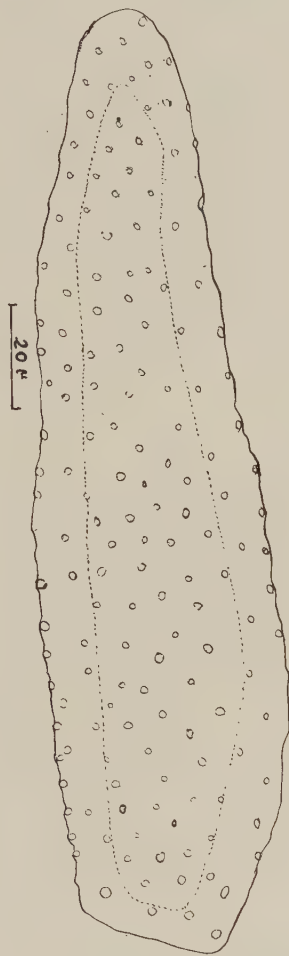


FIG. 33. — Face interne d'une cellule du pseudopériidium.

sous la pression de la masse des spores qui se trouvent à l'intérieur de la coupe.

KERN caractérise les cellules pseudopériales par longueur, largeur, épaisseur et épaisseur des membranes, la largeur étant la dimension de la cellule vue de face et l'épaisseur la dimension de la cellule en coupe. Nous avons réalisé de telles mensurations pour les cellules moyennes de la file.

La largeur de ces cellules est légèrement inférieure à l'épaisseur ;
par exemple :

Longueur	Largeur	Épaisseur	Membrane	
			externe	interne
78 85	12 11 — 12	15 18	3 — 4 3 — 4	5,1 μ 5 μ

L'ornementation est portée par la face interne et par les faces latérales. Elle est constituée de petites verrues lâchement réparties (fig. 33).

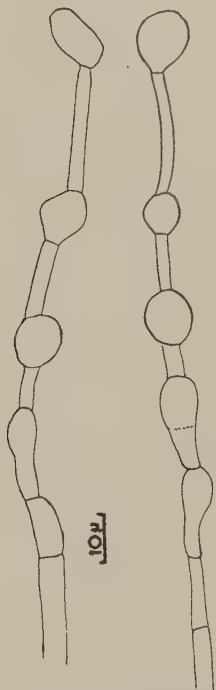


FIG. 34. — Files d'écidiospores
et de cellules intercalaires.

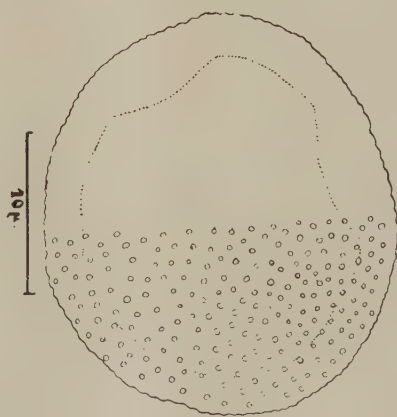


FIG. 35. — Ecdiospore
de *G. gracile*.

4° ÉCIDIOSPORES. — Les spores naissent à l'extrémité d'hyphes dressés parallèlement, serrés les uns contre les autres, ayant à leur base le stroma écidien. Les écidiospores lors de leur formation sont séparées par des cellules intercalaires qui dégénèrent rapidement (fig. 34).

Les écidiospores sont sphériques (fig. 35) ; elles peuvent apparaître ellipsoïdes, mais cette forme est en général due à une compression latérale à l'intérieur de l'écidie. Elles mesurent 25-28 μ de diamètre. Elles sont fortement colorées en brun ; munies de 4 ou 5 pores ; la membrane est épaisse : 2-3 μ et finement verruqueuse.

b) Morphologie des hôtes

FISCHER, le premier, a réussi des inoculations sur *Crataegus oxyacantha* s. l. et sur *Cydonia maliformis*. MAIRE a essayé d'inoculer *Crataegus monogyna*, *Cydonia* et *Mespilus*, mais sans résultat. Nous avons reconnu que *Crataegus monogyna* et *Cydonia* seuls parmi nos hôtes locaux, présentaient une certaine sensibilité à *G. gracile*.

Nous avons obtenu des résultats positifs sur *Amelanchier ovalis* seulement deux fois. Cependant l'évolution des taches provoquées sur ce dernier hôte n'a pas été totale. En effet, après avoir formé des spermogonies, les taches se sont nécrosées, même après avoir provoqué un mélange de nectars, sans produire de tumeur ni par suite d'écidies. Il faut vraisemblablement y voir une infection artificielle dans des conditions exceptionnelles que nous n'avons pas pu renouveler. Dans la nature, les *Amelanchier* se trouvent indemnes dans des zones où les balais de sorcière sont pourtant fréquents. De plus, l'apparition de la rouille habituelle de l'*Amelanchier* (*G. tremelloides* s. l.) est plus tardive que *G. gracile*.

Crataegus monogyna Jacq. — Aubépine.

C'est un arbuste buissonnant. On en trouve des pieds isolés bien développés en lisière des bois par exemple ou en bordure des champs. Cette Aubépine a une très grande extension : Europe, sauf les régions les plus septentrionales. Elle est utilisée pour faire des haies de clôture, soit seule, soit en mélange avec le Cognassier. On la trouve dans le Bas-Languedoc dans les mêmes stations que *Juniperus oxycedrus*. Elle fait partie du mort-bois des taillis clairs. Tous les sols lui conviennent, mais elle est rare dans les sables pauvres (MATHIEU 1897).

Les stations des environs de Montpellier sont à inclure dans l'association : *Quercetum galloprovinciale* dans laquelle l'Aubépine est une compagne avec *Juniperus oxycedrus* et *J. communis*. Cette existence des deux hôtes dans la même association est un fait favorable à la réalisation des cycles des *G.*

Les feuilles, même jeunes, sont glabres. Elles ont cependant un pouvoir de rétention de l'eau de pluie très élevé (nous en verrons les raisons dans l'étude biologique). Nous avons, en effet, constaté le maintien des gouttes d'eau bien plus longtemps sur les feuilles de cette Aubépine que, par exemple, sur celles du Cognassier. Ce serait peut-être là une des raisons du plus grand degré de sensibilité des Aubépines par rapport au Cognassier vis-à-vis de la même espèce de *G.*

Cydonia oblonga Mill. = *C. vulgaris* L. — Cognassier.

Il est cultivé principalement dans le Midi et le Centre de la France.

Il redoute les grands froids ; il supporte cependant les hivers et les gelées printanières de la région méditerranéenne.

Il préfère les sols frais, légers, sans trop d'humidité.

Les variétés que nous avons utilisées pour nos inoculations sont : la var. CHAMPION, rustique ; la var. PORTUGAL (= *C. lusitanica* Tourn. rustique, mais plus tardive que la précédente et à feuilles plus grandes.

c) Conséquences anatomiques et physiologiques du parasitisme

Le parasitisme du *G. gracile* sur la Rosacée provoque une tache décolorée sur laquelle apparaissent les spermogonies. Par la suite, se développe une tumeur à l'intérieur de laquelle se forment les écidies.

1^o ANATOMIE. — Le mécanisme de la formation de la tumeur a été étudié par GENEAU de LAMARLIÈRE (1898) chez *Roestelia lacerata* (*G. clavariforme*) sur *Crataegus*, *R. cornuta* (*G. juniperinum*) sur *Sorbus aucuparia*, et *R. penicillata* sur *Pyrus communis*.

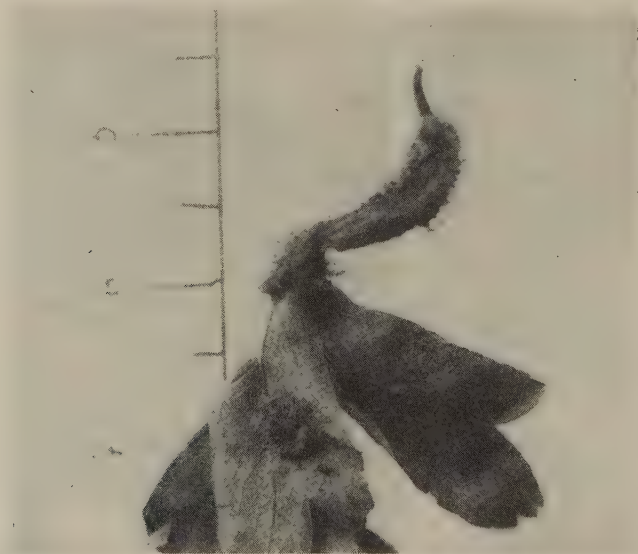


FIG. 36. — Feuille de *Crataegus monogyna* inoculée avec *G. gracile*. On observe sur le pétiole et sur le limbe des tumeurs portant des écidies.

Ce mécanisme est le même pour tous les *Gymnosporangium* que nous avons étudiés. Le *G. gracile* est conforme à ce type :

a) *Feuille*. — Lorsque le mélange des nectars a été réalisé, la tuméfaction est déclenchée. Elle est due à une hyperplasie à partir des cellules du tissu lacuneux du mésophylle, qui se trouve ainsi modifié et prend un aspect de tissu palissadique (palissadic-like, pseudopalissadique). Les lacunes disparaissent et les différentes cellules modifiées ou nouvellement

formées se disposent parallèlement en donnant à la coupe l'aspect d'un tissu palissadique avec cependant absence de chloroplastes, remplacés par des amyloplastes ⁽¹⁾.

Le mécanisme de division cellulaire se déclenche dès que la fécondation a eu lieu. On observe des cellules recloisonnées sur toute la périphérie de la tumeur, même lorsque les écidies sont ouvertes et ont commencé à émettre. Il est probable que ce mécanisme continuerait si les conditions climatiques (température élevée de l'été) n'intervenaient pas et permettaient à l'organe, toujours en activité cellulaire de se multiplier.



FIG. 37. — *G. gracile*. — Tumeur formée en 1952 sur rameau de *Crataegus*, mort à l'automne 1952. Pas de progression de la tumeur en 1953 (19 mars 1953).

L'épaississement de la feuille peut atteindre 1673 μ chez une feuille de *Crataegus* dont l'épaisseur normale est 213 μ .

b) *Pétiole*. — Le pétiole est fréquemment parasité (fig. 36). Cet organe présente un attrait pour les Urédinées en raison de sa constitution collenchymateuse.

Les déformations sont très volumineuses et se localisent principalement au voisinage du raccord avec le limbe.

⁽¹⁾ Ces tumeurs sont importantes pour certaines espèces dont le développement est plus lent (*G. fuscum* par ex.). Elles sont consommées par certaines peuplades primitives en raison de leur richesse en amidon (G. de LAGERHEIM, 1891).

Le champignon conserve à la vascularisation un caractère primitif qui la rend insuffisante à l'alimentation de la feuille et amène sa mort.

c) *Tige*. — L'attaque de la tige est fréquente (fig. 37). Elle a toujours lieu sur le rameau de l'année, chlorophyllien (avant l'aoûtement). Il se forme une tumeur qui se développe d'abord sur un secteur de la tige ; elle progresse et arrive à en faire le tour complet, entraînant alors la mort du rameau. La tige normale du rameau de l'année a 3 mm de diamètre ; la tumeur atteint 10 mm.

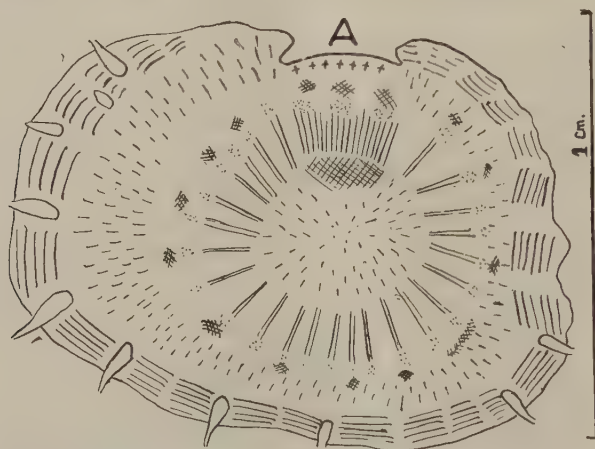


FIG. 38. — Coupe dans une tumeur caulinaire de *G. gracile* sur *Crataegus monogyna*.
Sur le secteur non tuméfié (A) la tige a un aspect normal.

Sur la tige saine on trouve successivement :

- un épiderme en voie de subérification,
- un collenchyme de réserve,
- des piliers de sclérenchyme péricyclique,
- un anneau libéro-ligneux compact,
- un sclérenchyme médullaire.

En coupe la tumeur présente (fig. 38) :

- un liège écrasé et partiellement exfolié en surface,
- le collenchyme est transformé en tissu tumoral formé de cellules régulières, rectangulaires ; ce tissu est envahi par le mycélium intercellulaire ; c'est dans sa masse que se formeront les écidies.
- un sclérenchyme péricyclique intact,
- le liber est écrasé,
- des rayons médullaires très nombreux et très larges du fait de la dissociation des files de cellules de bois (en coupe transversale) ;
- le sclérenchyme médullaire n'est pas pénétré par le mycélium (fig. 39) ; il est repoussé sur un secteur et remplacé par un tissu tumoral formé de cellules rectangulaires avec mycélium intercellulaire.

Les spermogonies apparaissent sur le rameau avant la tuméfaction. Au fur et à mesure que la tumeur se développe elles sont rejetées avec l'exfoliation du suber périphérique.

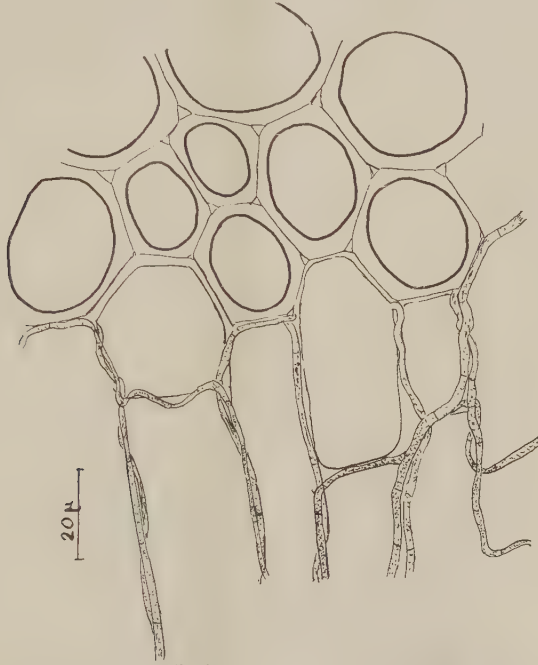


FIG. 39. — Coupe dans une tumeur caulinaire sur *Crataegus monogyna* à la limite de la zone parasitée et de la zone saine. — Une partie de la moelle est transformée en tissu tumoral à cellules rectangulaires avec mycelium intercellulaire. Le sclérenchyme n'est pas pénétré par le mycelium.

d) *Fruit* : (fig. 40). — Le parenchyme de réserve est transformé par l'action du parasite en tissu tumoral qui transforme rapidement (Avril)



FIG. 40. — *G. gracile*. — Hypertrophie d'un fruit de *Crataegus* parasité.

le jeune fruit et lui donne l'aspect d'un fruit mûr par la taille et la couleur chez *Crataegus*. Les écidies apparaissent sur toute la surface déformée.

Chez *Cydonia*, le fruit reste petit, déformé et très dur.

e) *Pédoncule fructifère* : (fig. 41). — Chez *Crataegus*, il est fréquemment parasité, Il peut y avoir continuité entre cette tumeur et celle du fruit.

Exemple de modification du pédoncule fructifère :

Pédoncule sain		Pédoncule parasité	
Rayon	400 μ		
Épiderme		+ ou — exfolié	1500 μ
Collenchyme	3-4 assises	Tissu tumoral	1000 μ
Parenchyme en voie de collenchymatisation			
Sclerenchyme péricyclique	200 μ	Collenchyme	200 μ
Liber	40 μ	Écrasé, dissocié	60 μ
Anneau de bois	40 μ	Files rayonnantes	150 μ
	30 μ	Nombreux rayons médullaires	
Collenchyme médullaire		Peu développé	



FIG. 41. — *G. gracile*. — Déformation d'un pédoncule fructifère de *Crataegus*.
Un fruit est atrophié.

2° PHYSIOLOGIE. — *Gymnosporangium gracile* attaque les feuilles, les rameaux et les fruits du Cognassier et de l'Aubépine.

Sur le limbe l'attaque ne revêt pas, en général, un caractère de gravité. La réduction de la surface foliaire assimilatrice n'a pas de répercussion sur la végétation de l'arbre sauf dans le cas d'une attaque trop grave. Lorsque les pétioles sont attaqués, la feuille meurt plus ou moins rapidement.

Quant aux rameaux, seule la partie verte est parasitée (rameau de l'année). Nous n'avons pas vu d'attaque du bois de deux ans ou plus (aoûté donc non pénétrable). Le parasitisme amène rarement la mort rapide du rameau ; le champignon évolue lentement et c'est fréquemment à l'automne ou au plus tard au printemps suivant que le rameau meurt dans toute la partie située au-dessus du point d'attaque marqué par la tumeur.

L'évolution de la tumeur est donc assez longue. En automne, les besoins en eau n'étant pas excessifs, le passage laissé par le parasite est suffisant. Il n'en est pas de même au printemps où les besoins en eau pour la croissance sont très grands et le passage insuffisant amène la mort de la pousse. Après la mort du rameau le mycélium ne progresse pas vers la base ; il meurt avec la tumeur, sans produire de nouvelles écidies.

Des bourgeons peuvent être attaqués ; ils sont alors tués, mais le parasite ici encore ne progresse pas à l'intérieur des rameaux et ne donne pas de nouveaux organes de reproduction.

Les jeunes fruits peuvent enfin être attaqués ; c'est là le point le plus important ; le mycélium se développe abondamment dans le fruit, l'envahit entièrement, le momifie et le recouvre d'écidies. Ce mécanisme vaut aussi bien pour l'Aubépine que pour le Cognassier. C'est pour cette dernière espèce que ce parasite présente quelque importance. Bien que le Cognassier ne soit pas cultivé en grands vergers, il ne représente pas moins un certain intérêt, surtout dans nos régions méridionales.

L'importance des attaques varie chaque année ; elle est tributaire des conditions atmosphériques qui règlent le développement des Rosacées d'une part et les conditions d'infection d'autre part. Ces dégâts méritent notre attention et motivent même quelques traitements qui pourraient être appliqués aux Cognassiers, habituellement abandonnés, en même temps qu'aux autres individus du verger.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

1^o INOCULATION. — La méthode d'inoculation utilisée est celle que nous avons exposée en détail dans la première partie de ce mémoire. Elle consiste à inoculer de préférence sous la pluie ou dans une atmosphère saturée d'humidité (après une pluie, par exemple).

Les essais d'inoculation ont été faits dans différentes conditions ; ils nous ont conduit aux conclusions suivantes : la nécessité de la pluie ou d'une très forte condensation pour la germination des basidiospores et leur pénétration dans les tissus de l'hôte. Cependant au cours de nos études nous avons pu constater des différences entre les exigences du parasite pour pénétrer le Cognassier et l'Aubépine ⁽¹⁾. En effet, les feuilles de Cognassier, cotonneuses lorsque le bourgeon s'épanouit perdent rapidement ce duvet ; leur face supérieure devient lisse et la cuticule s'épaissit, à partir des points de chute des poils. D'autre part, le duvet qui recouvre

(1) Nos inoculations d'une même journée ont lieu sur les différents hôtes écidien avec un matériel prélevé sur le même hôte télien et sur la même déformation (même balai ou même fuseau), afin d'éviter des mélanges possibles de races.

les feuilles et le caractère cireux de la cuticule ne permettent pas aux feuilles de retenir les gouttelettes d'eau. Nous avons en effet, pu constater que l'eau pulvérisée avant l'inoculation n'était pas retenue à la surface des feuilles de Cognassier alors qu'elle persistait plus longtemps sur les feuilles d'Aubépine, ce temps étant mis à profit pour la pénétration du parasite. Nous verrons plus loin l'explication de ces faits par l'étude anatomique des épidermes foliaires.

Ainsi que nous l'avons déjà dit nous procédons par écrasement d'un sore gélifié sur la feuille ; ce sore conservera, en raison de sa nature gélatineuse, une humidité suffisante à la germination des basidiospores, si l'atmosphère est elle-même saturée, ce qui est fréquent au printemps par temps marin dans notre région.

2° DÉVELOPPEMENT DE LA PHASE ÉCIDIENNE. — Nous avons suivi l'évolution de la phase écidienne à partir de nos inoculations sur le Cognassier et sur l'Aubépine. Nous avons été amené à distinguer 4 phases, comme nous les avons déjà envisagées (1947) dans l'étude des tumeurs écidienne de *G. sabinae*.

- Apparition des spermogonies. (S) ;
- Début de la formation de la tumeur (dt) ;
- Apparition du pseudopéridium à la surface de la tumeur (Psp) ;
- Maturité des écidiospores, leur émission (E).

a) *Apparition des spermogonies.* — Elles apparaissent 10 à 20 jours après l'inoculation. Les conditions climatologiques qui suivent l'inoculation font varier la durée de l'incubation. Au point d'apparition des spermogonies, la feuille est décolorée : d'abord jaune pâle, elle devient ensuite orangée lorsque ces organes émettent leur nectar ; le mélange de nectars (contenant des spermaties de signe contraire), par l'intermédiaire de la pluie ou des insectes provoque une « fécondation » et déclenche la formation de la tumeur à la face inférieure des feuilles et arrête la sécrétion du nectar par les spermogonies jeunes. Lorsqu'on évite par un moyen quelconque (isolement du milieu extérieur par mise en sac par exemple) on inhibe le développement de la tumeur et par suite celui des écidies (hétérothallisme).

Lorsque, pour une raison quelconque, les spermogonies ne sont pas fécondées, elles meurent dans un délai de 10 à 15 jours après leur formation. Elles apparaissent alors noires au centre de macules bordées de nouvelles spermogonies de couleur vive. Ces spermogonies périphériques continuent à se développer concentriquement et produisent des spermaties. C'est d'une telle évolution que vient l'aspect des tumeurs écidienne en anneau, correspondant à une fécondation tardive des spermogonies périphériques.

Nous avons pu, en effet, provoquer le dessèchement des spermogonies par l'isolement du milieu extérieur, en mettant la feuille sous un sachet

de cellophane. Le dessèchement des spermogonies peut également être provoqué par des conditions atmosphériques extrêmes : sécheresse, chaleur.

b) *Début de formation de la tumeur.* — Au moment où ce stade est visible, la décoloration de la face inférieure est remplacée par une formation liégeuse qui sera la surface de la tumeur. Un léger gonflement de la face inférieure de la feuille est visible dès que la fécondation a été réalisée et que le parenchyme lacuneux s'est recloisonné et a commencé à former le tissu tumoral. Ce mécanisme a lieu 10 à 20 jours après l'apparition des spermogonies. Son déclenchement est en relation avec les conditions atmosphériques qui favorisent le mélange du nectar des spermogonies de signes contraires.

Dans une jeune tumeur, le *primordium* apparaît sous forme d'un stroma à l'intérieur duquel se différencient rapidement des cellules dont les premières formées sont isodiamétriques, les suivantes étant plus allongées. Ces cellules formeront l'enveloppe caractéristique des écidies : le pseudopéridium.

Le *pseudopéridium* prend naissance à la périphérie des cellules écidiosporigènes à partir de cellules en tous points semblables à celles-ci. En effet, les éléments formés à la base des files de cellules sont identiques dans les deux cas : cellules fertiles donnant des chaînes d'écidiospores, cellules stériles de la périphérie donnant le pseudopéridium. Nous avons pu observer la formation, le rejet sur le côté, et la dégénérescence de l'équivalent de la cellule intercalaire des files d'écidiospores. Nous pensons même que l'espace qui sépare le pseudopéridium du péridium correspond en partie à l'emplacement occupé par les déchets de cette cellule. De plus, les mouvements du pseudopéridium sous l'influence des variations atmosphériques sont facilités par cet espace.

Les cellules pseudopéridiales restent jointives et forment une cage à l'intérieur de laquelle se développent les écidiospores. Les premières cellules formées sont isodiamétriques ; elles constituent l'apex qui est repoussé par la croissance basifuge de la file. C'est le rôle protecteur du pseudopéridium jeune, avant l'épanouissement de l'écidie.

c) *Apparition du pseudopéridium.* — Le temps écoulé entre le début du stade précédent et celui-ci correspond à la formation de la tumeur et au développement des écidies dans son intérieur. Le pseudopéridium arrive à la surface de la tumeur et crève l'assise liégeuse qui la recouvre. Il faut 7 à 20 jours après le début de la formation de la tumeur pour voir apparaître en surface l'apex du pseudopéridium.

Pendant ce temps, les écidiospores se forment sans arrêt : pour former les écidiospores (fig. 42), l'hyphe s'arrondit à son extrémité ; celle-ci s'allonge ensuite et une cloison la sépare de l'hyphe lui-même, isolant

ainsi un noyau dikaryotique. Cette cellule s'allonge et se divise en une cellule supérieure arrondie (écidiospore) et une cellule basale étroite et

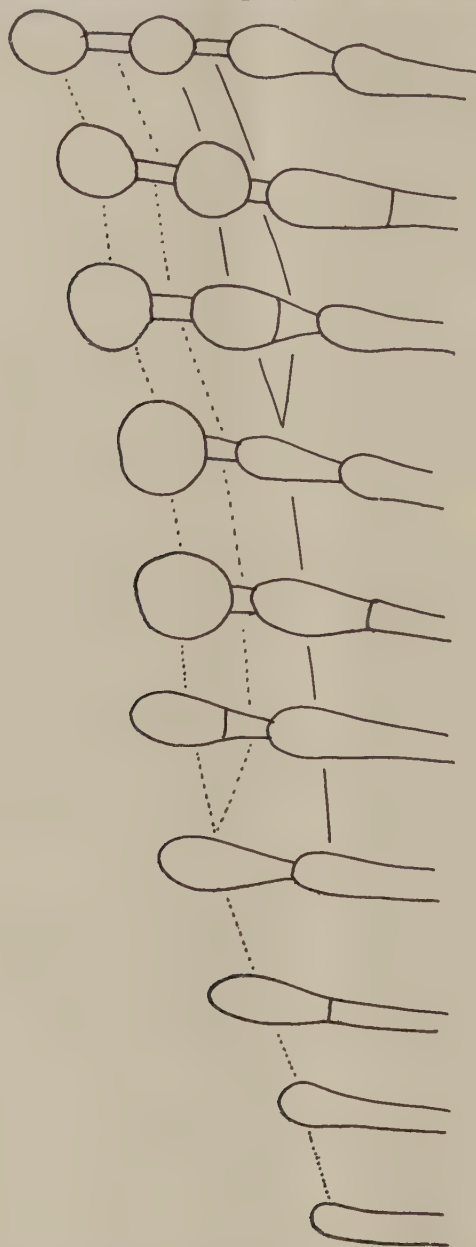


FIG. 42. — Evolution de l'hyphe écidiosporigène et formation de la spore et de la cellule intercalaire.

allongée (cellule intercalaire). Cette dernière s'allonge avec l'âge en même temps que l'hyphe continue à donner de nouvelles cellules basales. La cellule intercalaire disparaît (dégénérescence, gélification, F. MOREAU, 1952, I, p. 628) et il ne reste que des files d'écidiospores. L'évolution de

ces files d'écidiospores et de cellules intercalaires est résumée dans la figure 42.

Les écidiospores restent entassées à l'intérieur de l'écidie ; elles ne sont libérées que par le jeu du pseudopériidium sous l'influence des variations d'humidité.

d) *Maturité des écidiospores.* — Le pseudopériidium continue à se développer à l'extérieur de la tumeur ; il atteint une longueur de 0,3-0,6 mm et jusqu'à 1 mm. Sous l'influence des conditions atmosphériques et sous la pression de la masse des spores, l'apex se déchire, offrant aux spores la possibilité d'être expulsées. Ce stade a lieu 4 à 6 jours après l'apparition du pseudopériidium.

Nous basons cette maturité sur l'ouverture de l'apex, les lacinia-tions des marges de l'orifice apical et les fenêtres ou boutonnières laté-
rales.

Les conditions atmosphériques (humidité en particulier) provo-quent par leurs variations une série de contractions (enroulement) et d'extension du pseudopériidium favorisant ainsi la projection des éci-diospores.

Nous avons représenté graphiquement l'évolution de la phase éci-dienne que nous venons de détailler. Nous donnons une courbe moyenne de cette évolution, les résultats étant semblables sur Cognassier et Au-bépine.

Sur le tableau H (p. III) nous indiquons en abscisse les étapes de développement à partir de l'inoculation, en ordonnée la durée du déve-loppement en jours.

b) Biologie des hôtes

Nos essais d'inoculations n'ont donné des résultats positifs que sur *Crataegus monogyna* et sur *Cydonia*. Nous étudierons donc la biologie de ces deux Rosacées.

1° *Crataegus monogyna* : Nous donnons ci-dessous le développe-ment moyen de cette Rosacée dans notre région, en suivant les stades phénologiques comparables à ceux établis par FLECKINGER (fig. 43) :

O. Bourgeon dormant.	
A. Gonflement	1 ^{er} au 10 mars
B. Rupture	15 au 20 mars
C. Éclatement	20 au 25 mars
D. Bouton vert	25 au 31 mars
E. Apparition des pétales.....	5 au 10 avril
F. Floraison	20 avril
G. Chute des pétales	25 avril
H. Nouaison	5 mai
I. Fruit vert (taille du fruit mûr)	10 août
I ₃ . Fruit rouge	Début septembre
J. Chute des feuilles	15 novembre

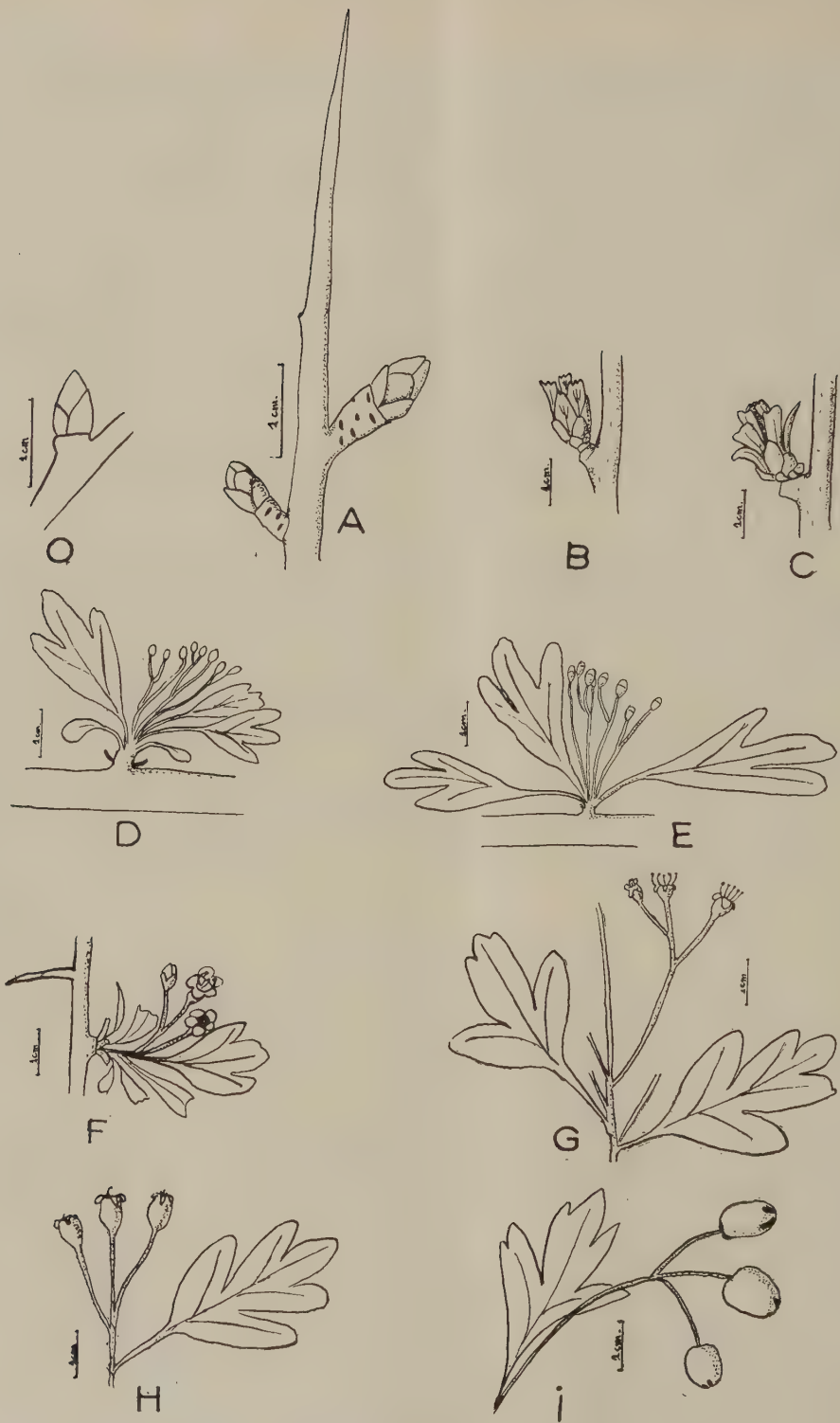


Fig. 43 — Stades-repères de *Crataegus monogyna*.

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule. — La plus grande sensibilité du *Crataegus monogyna* par rapport aux autres Rosacées, nous a incité à étudier le développement de l'épiderme et de sa cuticule (fig. 44). Nous avons déjà noté la rétention plus grande de l'eau à la surface de la feuille.

Des coupes effectuées dans la feuille nous montrent qu'au niveau des nervures, la surface foliaire supérieure est rugueuse. Ces rugosités d'origine cuticulaire contribuent à augmenter la rétention de l'eau à la surface de la feuille et par suite favorisent la pénétration du parasite. L'évolution de la cuticule a été suivie sur des coupes colorées au Soudan III :

La jeune feuille pliée ne présente pas de cuticule différenciée à la face supérieure. Sur cette face la cutinisation débute au niveau des nervures lorsque la feuille est ouverte et progresse à partir de ces points. La cuticule devient ensuite épaisse et forme un revêtement important en Octobre.

A la face inférieure, la cutinisation est plus précoce ; cette face est en contact très tôt avec l'atmosphère ; une cuticule mince est déjà différenciée sur les feuilles pliées. Elle a son point de départ au niveau des stomates. Elle est importante sur la feuille étalée. D'autre part, nous avons constaté que les marges des feuilles sont également un point de départ de cutinisation, avec cependant des points faibles (non cutinisés) dans les sinus.

Tableau donnant l'évolution de l'épaisseur des cellules épidermiques et de la cuticule des deux faces de la feuille de *Crataegus monogyna*.

	Face supérieure		Face inférieure	
	Épiderme	Cuticule	Épiderme	Cuticule
27/3 — Feuille pliée	12 μ	—	9	0,3
27/3 — Feuille ouverte.....	12	—	9	0,5
27/3 — Feuille étalée	12	1	9	0,5
29/5 —	12	1	9	2
4/10 —	12	2,5	9	2

Nous avons constaté des différences de sensibilité en rapport avec la phénologie de l'hôte. C'est ainsi que des individus à développement précoce sont sensibles plus tôt (début Mars) puis deviennent résistants alors que d'autres plus tardifs ne sont sensibles que fin Mars début Avril. Il y a là une relation entre l'âge des feuilles et par suite l'épaisseur de la cuticule et la pénétration des parasites. En effet, au début de la période de sensibilité le nombre de feuilles, par bouquet, qui peut être inoculé est voisin de la totalité des feuilles (10 à 15), alors que vers la fin de la période de sensibilité ce nombre est très réduit : une ou deux feuilles seulement, parmi les plus jeunes.

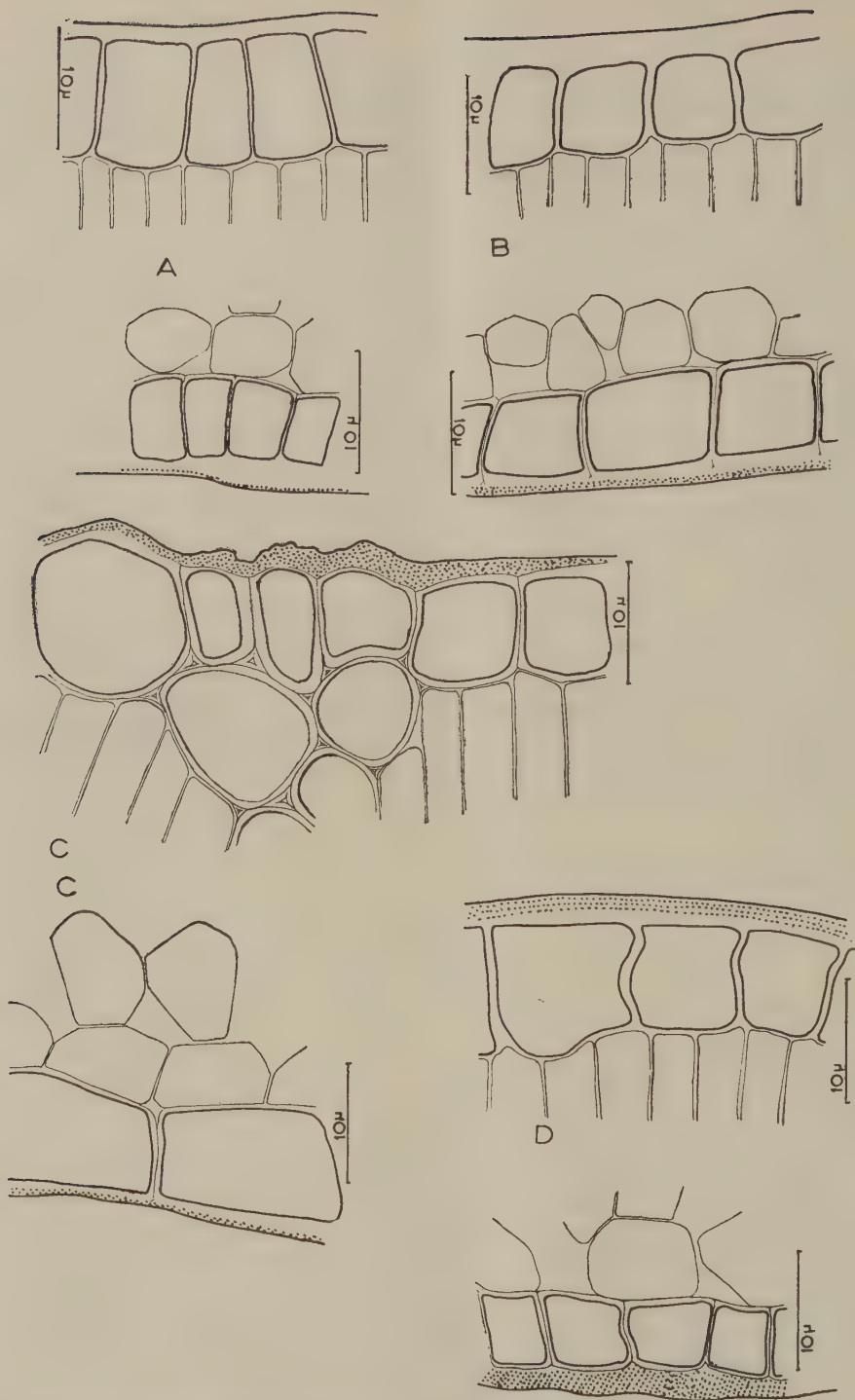


FIG. 44. — Evolution de la cuticule foliaire de *Crataegus monogyna*. — A. 27 mars : Feuille pliée, cuticule mince face inférieure. — B. 27 mars : Feuille étalée, cutinisation plus importante face inférieure. — C. 27 mars : Feuille plus âgée, cuticule importante sur les nervures à la face supérieure. — D. 29 mai : Cuticule bien développée sur les deux faces.

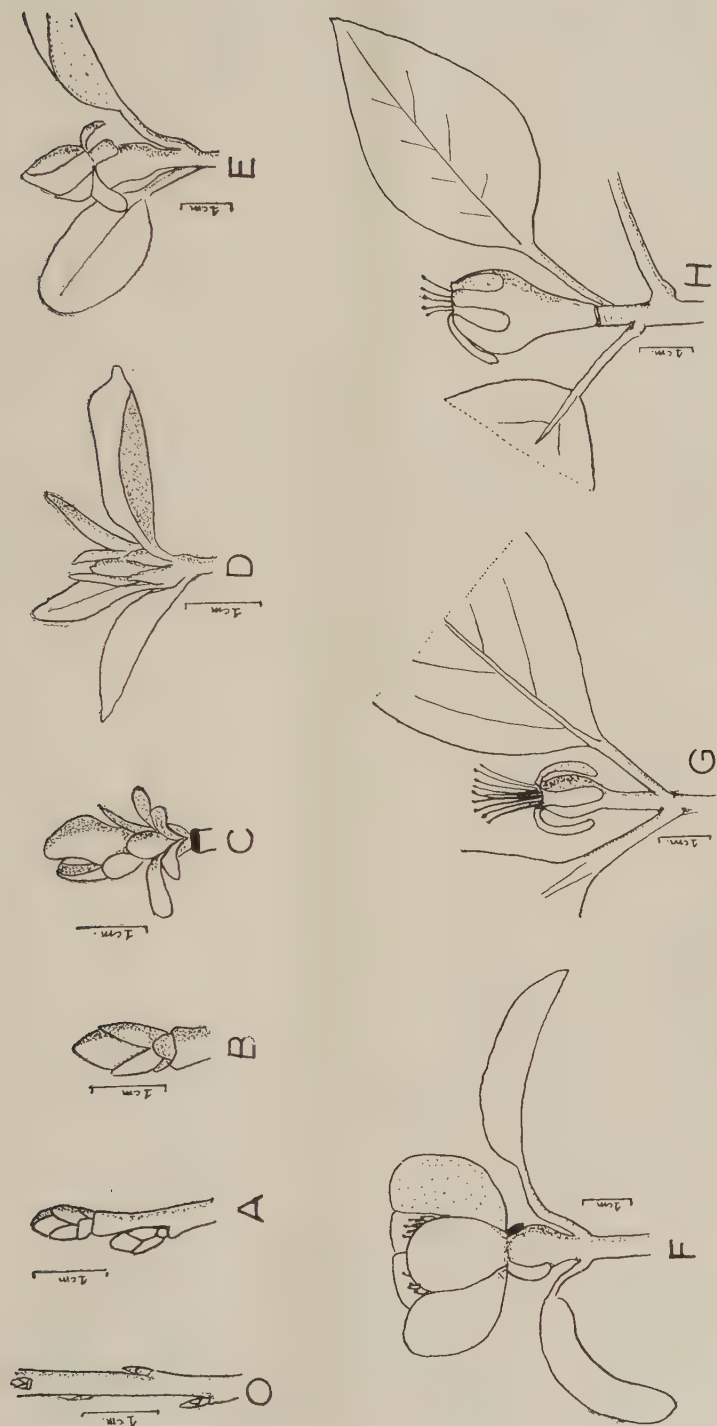


FIG. 45. — Stades-repères du développement du Cognassier.

2° *Cognassier* : Les deux variétés en expérimentation que nous avons suivies nous ont montré les variations phénologiques suivantes (fig. 45) :

	Var. Portugal	Var. Champion
O. Bourgeon dormant		
A. Gonflement	25 février	15 février
B. Rupture	8 mars	25 février
C. Éclatement	15-20 mars	8-16 mars
D. Bouton vert	25-27 mars	19-25 mars
E. Apparition des pétales	3-8 avril	25 mars-1 ^{er} avril
F. Floraison	15-21 avril	3-10 avril
G. Chute des pétales	21-27 avril	12-20 avril
H. Nouaison	27-30 avril	21-27 avril
I. Maturité	25 septembre	25 septembre
J. Chute des feuilles	25 novembre	25 novembre

La var. CHAMPION (plus précoce) présente une sensibilité plus grande aux diverses espèces de *G.* étudiées, que la variété PORTUGAL.

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule (fig. 46) : La cutinisation apparaît très tôt sur le Cognassier. La face supérieure de la jeune feuille pliée présente déjà un début de cutinisation. Elle est plus visible sur la feuille ouverte ; la cuticule s'épaissit très rapidement, c'est une des raisons de l'immunisation du Cognassier vis-à-vis des *G.* Sur la face inférieure la cutinisation est encore plus rapide.

Tableau donnant l'évolution de l'épaisseur de l'épiderme et de la cuticule des deux faces de la feuille de *Cydonia*.

	Face supérieure		Face inférieure	
	Épiderme	Cuticule	Épiderme	Cuticule
27/3 — Feuille pliée	8 μ	0,1	9	0,3
27/3 — Feuille ouverte	10	0,2	9	0,5
27/3 — Feuille étalée (5 x 4 cm)	10	1	9	0,7
29/5 —	10	1,5-2	9	1
4/10 — var. Portugal	10	2	9	1
var. Champion	10	2	9	1,5

Evolution des poils de la feuille de Cognassier (fig. 47). Nous avons suivi l'évolution de ces poils et nous la résumons ainsi : Le poil du limbe foliaire est d'origine épidermique (A). A la face supérieure il est fugace. Son expulsion a lieu selon le schéma suivant : les cellules voisines de la cellule basale du poil se rapprochent par leur base (B-C), soulevant et repoussant la cellule pilifère vers l'extérieur (D). Il existe donc une cicatrice de chute (E) et nous avons pensé à son rôle de porte d'entrée pour le parasite. Cependant la cutinisation de l'épiderme foliaire commence au niveau des poils (avant leur expulsion). Ce processus a lieu très tôt ; à partir de l'ouverture du bourgeon jusqu'à l'étalement de la feuille, fin Mars. La cicatrice de chute est ainsi cutinisée ; ce n'est donc pas un point faible.

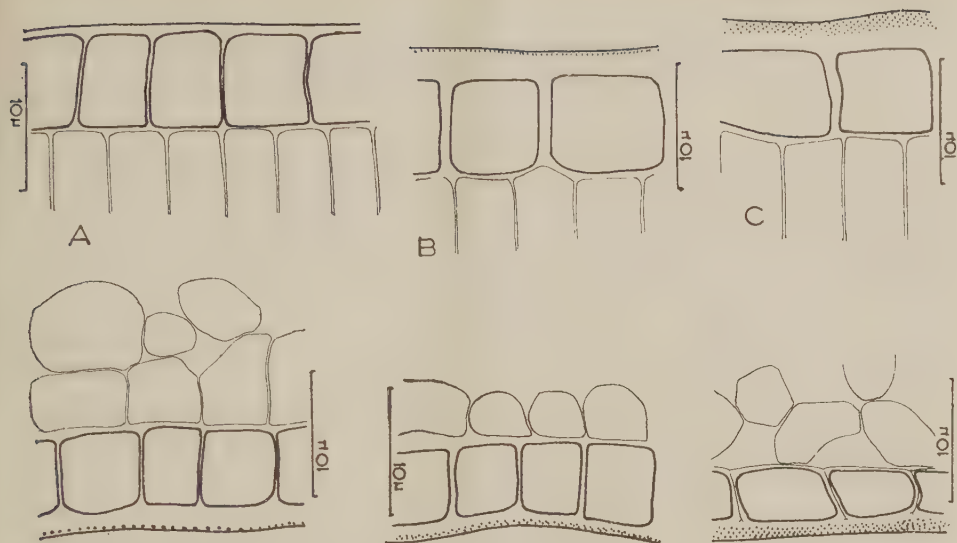


FIG. 46. — Evolution de l'épiderme et de la cuticule de *Cydonia*. — A : feuille pliée, cuticule mince face inférieure ; B : feuille étalée, légère cuticule face supérieure ; cuticule mince face inférieure ; C : feuille grande (5 × 4 cm), cuticule importante sur les 2 faces.

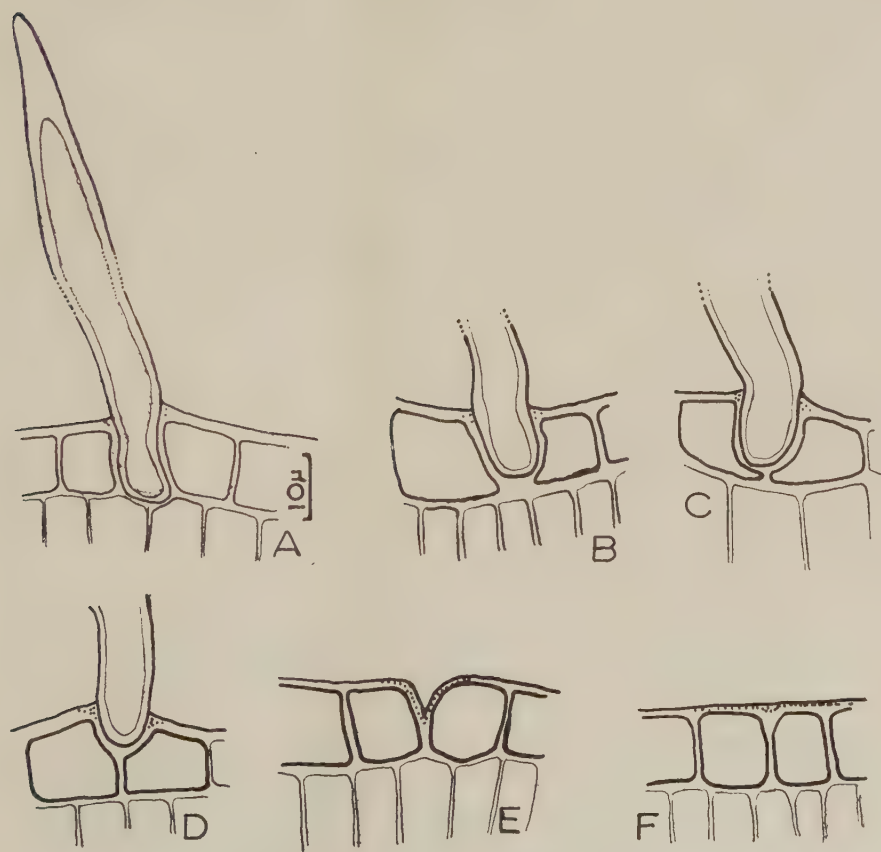


FIG. 47. — Mécanisme de chute des poils de la feuille de Cognassier.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur la biologie de l'haplonte

1° TEMPÉRATURE. — La durée de l'incubation peut être réduite par une élévation de température. Nous avons pu le constater par des inoculations comparées, sur des individus en pleine terre et en serre. Sur ces derniers les symptômes sont apparus 3 jours plus tôt que sur des individus de la même espèce, en plein air.

La chaleur provoque l'évaporation des gouttelettes de nectar et de ce fait inhibe les possibilités de mélange.

2° PLUIE. — Les périodes d'inoculation des Rosacées sont tributaires des pluies des mois de Mars et Avril. Selon leur nombre et leur intensité ces périodes peuvent être plus ou moins nombreuses. On peut n'avoir qu'une période pluvieuse étalée sur 2 ou 3 jours qui peut détruire tous les sores sur Genévrier ou au contraire, ce qui est le plus fréquent, avoir des pluies intermittentes séparées par des journées ensoleillées. On a alors une intrication d'une série d'inoculations à évolutions parallèles, mais décalées dans le temps, les dernières pouvant avoir une évolution plus rapide en raison de la température plus élevée.

La quantité de pluie minimum pour l'ensemble des phénomènes de l'infection est, nous l'avons vu, d'environ 4 mm répartis sur 15 h. environ. Cependant si l'atmosphère est déjà à un degré hygrométrique élevé, une pluie faible inférieure à 4 mm favorise l'émission des basidiospores et leur germination sur la Rosacée, le degré hygrométrique étant alors nécessairement supérieur à 90. Cela est valable pour l'infection de *Crataegus monogyna* qui a un pouvoir de rétention bien supérieur à celui du Cognassier.

Par temps pluvieux le mélange du nectar de deux groupes de spermogonies sur la même feuille peut avoir lieu par le simple jeu de la gouttelette de pluie qui ruisselle.

L'humidité de l'atmosphère (pluie, brouillard, rosée) favorise la formation des gouttelettes de nectar, leur maintien et par suite leur mélange. Le matin, en effet, le nectar est abondant par suite de la rosée, alors que dans la journée, la chaleur l'inhibe.

Les alternances d'humidité et de sécheresse provoquent des mouvements d'enroulement et d'extension du pseudopéridium qui provoquent des projections d'écidiospores : l'humidité fait enrouler cette enveloppe ; la sécheresse la déroule.

3° VENT. — Le vent provoque la dispersion des spores et agit sur le mouvement du pseudopéridium par sa nature (vent sec ou humide).

4° ANIMAUX. — Les animaux jouent un rôle important dans la phase écidiennne : en particulier les fourmis (*Tapinoma erraticum* Latr.).

et de nombreux autres insectes. Les uns et les autres vont d'une tache à spermogonies à l'autre et provoquent des mélanges de nectars.

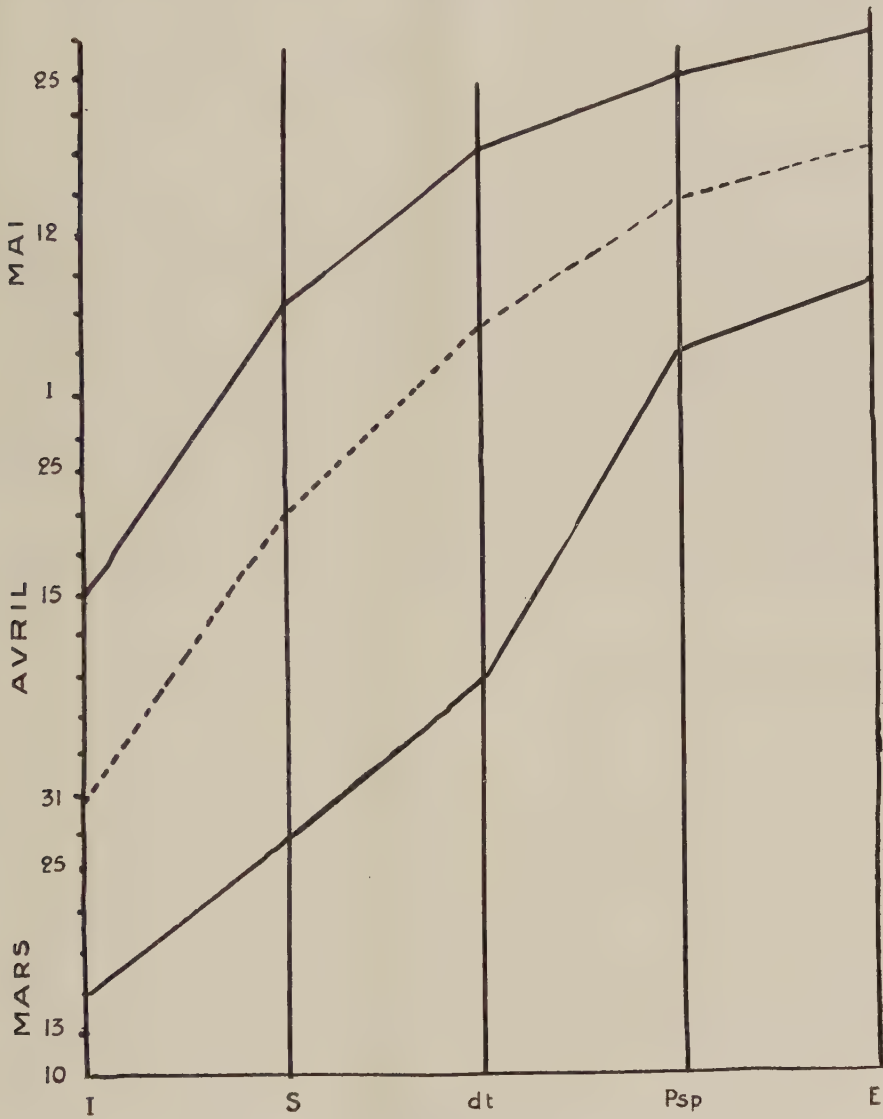


TABLEAU H

Evolution de la phase écidienne de G. gracile

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopériidium ;
E, émission des écidiospores.

Les escargots, par contre, se nourrissent de tumeurs écidiennees déjà bien développées.

5° PARASITES. — Nous avons, à plusieurs reprises, rencontré des tumeurs écidiennees dont toutes les écidies étaient remplacées par des cous-

sinets violacés de conidiophores, couverts de conidies ($8\ \mu$ de diamètre) et correspondant à *Tuberculina persicina* (Ditm.) Sacc.

IV. — CONCLUSIONS

Le cycle du *G. gracile*, tel que nous venons de l'étudier en détails, est un des plus rapides pour notre région.

La représentation de l'évolution sur les Rosacées (tableau H), de l'inoculation à l'émission des écidiospores nous donne en début de saison une courbe en S qui indique une courte période d'incubation, une fécondation rapide qui entraîne un déclenchement de la tumeur ; cette tumeur se développe ensuite lentement pendant la formation des écidies.

Nous avons représenté une première courbe donnant l'évolution d'une infection précoce, une deuxième courbe d'évolution en fin de saison, enfin une courbe moyenne donne l'aspect général de cette évolution. Cette dernière correspond d'ailleurs à une série d'inoculations faites en période intermédiaire.

Cette étude nous servira de schéma type pour les autres espèces, en particulier en ce qui concerne la biologie qui, chez tous les *G.* du Bas-Languedoc est comparable.

CHAPITRE II

GYMNOSPORANGIUM CONFUSUM Plowr.

I. — HISTORIQUE

LOWRIGHT (1888) décrit cette espèce en Angleterre sur *Juniperus sabina* ; il la détache du *G. fuscum* DC. espèce avec laquelle elle a été longtemps confondue en raison de la morphologie des spores.

FISCHER (1891) étudie ensuite cette espèce ; il fait des comparaisons morphologiques ainsi que des inoculations comparées qui lui permettent de préciser, et les hôtes écidien, et la morphologie des écidies par rapport à *G. fuscum*. Il précise aussi les différences dans la durée des cycles de ces deux espèces.

KLEBAHN (1892 a) réalise des inoculations sur *Crataegus oxyacantha*, et précise aussi la durée du cycle, mais n'obtient d'abord que des spermogonies.

MAGNUS (1892) l'étudie sur *Cydonia*.

TUBEUF (1897) le signale sur *J. sabina* ; il rapporte aussi que la forme sur *J. communis* aurait d'après FISCHER son stade écidien sur *Cydonia*, *Cr. oxyacantha*, et *Pyrus communis*.

KLEBAHN (1904) le cite sur *J. sabina*, *J. virginiana*, *Cr. oxyacantha*, *Mespilus germanica*, *Cydonia vulgaris*.

FISCHER (1907) considère qu'il existe une forme très voisine de *G. confusum* qui parasite *Cotoneaster* et pour laquelle il créera (1917) le *G. fusisporum*.

TROTTER (1908) le signale sur *J. sabina* et *J. virginiana* ;

HARIOT (1908) rassemble les observations antérieures.

MAIRE (1914) et FISCHER (1927) signalent cette espèce sur *J. oxycedrus* dans la Languedoc. MAIRE en étudie les déformations sur Genève.

HEIM (1927) le trouve sur *Cotoneaster tomentosa* et *C. vulgaris*.

ARNAUD (1931) considère qu'il existe plusieurs formes voisines sur *J. oxycedrus* et dont une est identique à *G. oxycedri* Bres. Il pense en outre que *J. phoenicea* porte deux espèces voisines dont l'une est homologue du *G. confusum* et l'autre homologue du *G. fuscum*.

MAIRE et WERNER (1937) le citent sur *J. phoenicea* au Maroc.

JORSTAD (1943) l'a rencontré à Chypre. Il considère cette espèce comme une espèce collective que l'on rencontre sur *J. oxycedrus* L., *J. excelsa* M. B., *J. phoenicea* L., *J. virginiana* L.

CUMMINS (1943) le signale en Asie sur *J. macropoda*.

VIENNOT-BOURGIN (1949) donne comme durée de l'incubation 7 à 12 jours.

SAVULESCU (1953) ne le signale que sur *J. sabina* en Roumanie.

Répartition

Cette espèce est considérée par la plupart des auteurs comme européenne ; nous dirons avec plus de précision qu'elle est euro-asiatique (fig. 47 bis).



FIG. 47 bis. — Carte de répartition de *G. confusum*.

En outre, HIRATSUKA (1936) ne le signale pas au Japon ; ARTHUR (1934) ne le signale pas en Amérique ; CROWELL (1940 a) considère cette espèce comme endémique et se basant sur la répartition de ses hôtes en fait une euro-asiatique.

En France, cette espèce existe dans la plupart des régions :

Alpes du Briançonnais : HEIM (1927).

Tarn : Monts de Lacaune, MAYOR (1931).

Charente-Inférieure (Société des Sciences Naturelles 1840).

Auvergne : BREVIERE (1903).

Pyrénées : DUFRENOY (1918, 1919).

Languedoc : MAIRE (1914), FISCHER (1927), ARNAUD (1931),
LAGERHEIM (1899).

II. — LE CHAMPIGNON

A. — Synonymie

Décrit par PLOWRIGHT pour la stade télien et le stade écidien. Des rattachements consécutifs ont été faits nous citerons :

Aecidium mespili DC.

Aecidium cydoniae Lenormand.

Roestelia cydoniae Thum.

Gymnosporangium mespili Kern.

JORSTAD (1943) considère *G. confusum* PLOWR. comme une espèce collective à laquelle il rattache et met en synonymie *G. oxycedri* Bres. et *G. tauricum* Ericks.

B. — Cycle

De nombreux auteurs, en particulier, PLOWRIGHT, KLEBAHN, FISCHER, MAIRE et WERNER, JORSTAD ont trouvé ce parasite ou provoqué son apparition sur plusieurs *Juniperus* et Rosacées. Nous pouvons en dresser le tableau suivant :

<i>Juniperus</i>	Rosacées
—	—
sabina	Crataegus monogyna
virginiana	— altaica
phoenicea	— Fischeri
macropoda	— sanguinea
communis	— azarolus
oxycedrus	— orientalis
excelsa	Pyrus lanata
	Sorbus latifolia
	Sorbus torminalis

Nos essais d'inoculations nous ont donné les résultats suivants :

Crataegus ruscinensis	> o
— monogyna	> o
Cydonia vulgaris	> o
Amelanchier ovalis	< o
Pyrus amygdaliformis	< o
— communis	< o
Sorbus domestica	< o

Les résultats de nos inoculations sont en faveur du rattachement de *G. oxycedri* à *G. confusum*.



FIG. 48. — *G. confusum* sur *J. phoenicea*. Sores gélatineux. 27 avril 1951.



FIG. 49. — *G. confusum* sur *J. oxycedrus*. Sores gonflés sous la pluie. 17 mars 1951.

III. — ETUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

Le champignon provoque sur les rameaux de *Juniperus oxycedrus* et *J. phoenicea* des déformations pérennes fusiformes, plus ou moins allongées (6-8 cm) (fig. 48-49).

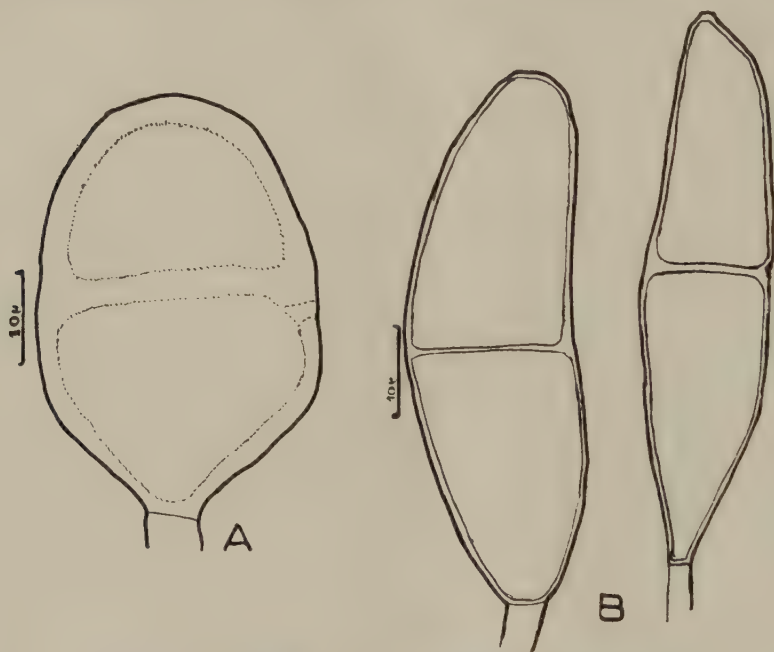


Fig. 50. — *G. confusum*. — A : Spore trapue à membrane colorée ;
B : Spores allongées à membrane claire.

1° SORES. — Sur ces déformations se développent annuellement au début du printemps, des sores qui atteignent 5-8 mm de long à l'état sec, très volumineux à l'état gonflé : 2×1 cm, et dont la couleur brun très foncé à sec est brun clair humide.

2° SPORES. — La plupart des auteurs, bien qu'ayant vu les deux types de spores ne donnent en référence que les dimensions des spores trapues. A notre avis, il faut considérer, aussi, les dimensions des spores allongées. FISCHER (1891) seul, précise les dimensions des spores allon-

gées pour lesquelles il donne $49-60 \times 14 \mu$ et pour les spores trapues : $35 \times 21-25 \mu$.

Nos mensurations ont donné (fig. 50-51) :

Spores trapues : $35-48 \times 23-28 \mu$, membrane épaisse $2-3 \mu$, brun foncé, à contenu orangé foncé. Ces spores sont caractérisées par leur cellule supérieure nettement arrondie en comparaison de celle de *G. fuscum* (pyriforme).

Spores allongées : $50-60 \times 14-18 \mu$, membrane mince incolore $1-1,5 \mu$; contenu jaune orangé.

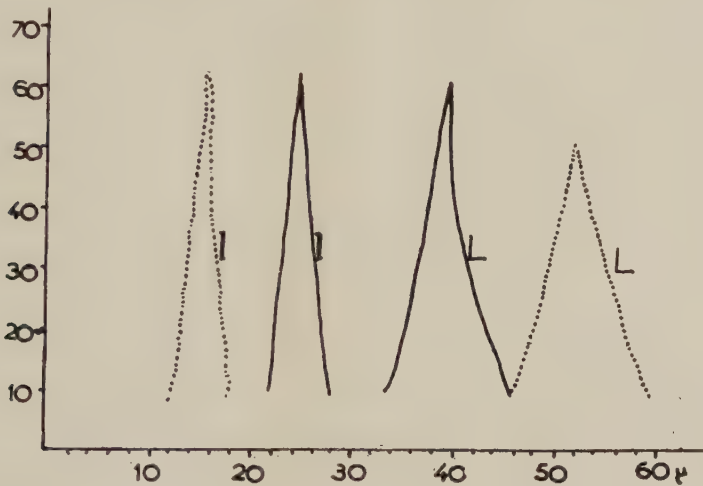


FIG. 51. — *G. confusum*. — Courbes des longueurs (L) et largeurs (l) des téliosporos. — En trait plein : spores trapues ; en pointillé : spores allongées.

Le pédicelle est très long : jusqu'à $120 \times 4 \mu$.

La base du pédicelle est épaissie.

Dans les deux types de spores nous retrouvons deux pores par cellule, situés près de la cloison, et un rétrécissement très faible ou même nul au niveau de la cloison.

Basides : $84 \times 6-7 \mu$.

Basidiospores : $14-16 \times 10-12 \mu$.

b) Morphologie des hôtes

Juniperus oxycedrus a été étudié plus haut.

Juniperus phoenicea L., ou Genévrier de Phénicie.

Arbuste dioïque ou plus généralement monoïque à feuilles imbriquées, ternées.

c) **Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques
du complexe hôte-parasite**

1° MORPHOLOGIE. — Sur la portion parasitée du rameau de Genévrier oxycèdre les feuilles tombent plus rapidement ; il se trouve ainsi entièrement dénudé avec cependant parfois un départ de rameau latéral dont la base est aussi déformée. On rencontre de telles déformations sur toutes les portions de l'individu ; cependant sur les grosses branches elles sont rares ; en effet, le fuseau est pérenne, mais il entraîne la mort de la branche à une échéance plus ou moins longue.

Sur le Genévrier de Phénicie la déformation des rameaux est faible au point qu'elle peut passer inaperçue en dehors de la période de sporogénèse, si ce n'est l'absence des ramifications latérales sur cette portion parasitée. La tumeur est plus allongée, 10-15 cm, mais son diamètre est inférieur au double du rameau sain. En outre, on rencontre les déformations sur des rameaux plus âgés que sur *J. oxycedrus*.

2° ANATOMIE. — a) Sur *J. oxycedrus*, une jeune déformation correspond à :

— une hypertrophie et une hyperplasie de l'écorce. Un épais mycelium occupe les espaces intercellulaires ;

— le liber est réduit et les éléments anciens (liber primaire) sont écrasés et même détruits. Les fibres libériennes ne sont pas atteintes (fig. 53). Les cellules actives sont faiblement parasitées ; elles sont pénétrées par quelques suçoirs au voisinage des rayons médullaires empruntés par le mycelium (fig. 52).

— le bois est réduit et conserve un grand nombre de rayons médullaires qui servent de passage au mycelium qui ne pénètre pas la moelle sclérénchymateuse.

Sur un fuseau âgé, on constate la réduction de l'écorce et le développement de la vascularisation. Cependant le liber primaire n'est plus visible ; le liber secondaire ne forme pas un anneau complet ; il est coupé par de nombreux rayons médullaires. Le bois se développe mais la zonation annuelle n'est plus visible.

b) Chez *J. phoenicea*, les modifications anatomiques sont moins importantes en raison de la faible hypertrophie du rameau. L'écorce est, encore ici, le tissu de prédilection du champignon. Le parenchyme cortical est envahi et les éléments cellulaires dissociés sont légèrement hypertrophiés. Par la suite, ce tissu réagira à la présence du champignon par une subérisation de ses éléments. L'assise subéreuse externe jeune (avant la différenciation de subérine) peut aussi être envahie et détournée de son rôle. Il ne se forme plus de liège ; c'est pourquoi on trouve des rameaux âgés particulièrement chancreux ; cependant ces chancres arrivent à cica-

triser car le processus de subérisation finit par l'emporter au moins partiellement.

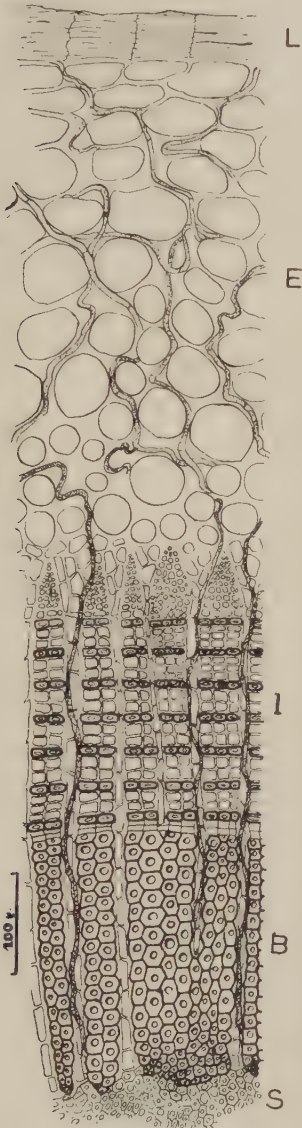


FIG. 52. — *G. confusum*. — Coupe d'un fuseau sur *J. oxycedrus* (rameau de 3 ans): L, liège; E, écorce parenchymateuse dissociée; l, liber; B, bois.



FIG. 53. — *G. confusum* sur *J. phoenicea*. Mycelium dans un rayon médullaire dans le liber.

Le liber est pénétré comme chez *J. oxycedrus*, c'est-à-dire que le mycelium suit les rayons médullaires et peut envoyer des suçoirs à l'intérieur des cellules qui le bordent. Les fibres libériennes sont intactes. De

plus, nous avons parfois observé le mycelium entre les cellules actives du liber.

Le bois n'est pas pénétré. Seuls quelques filaments s'avancent dans les rayons médullaires mais ne pénètrent pas la moelle scléreuse.

3° **PHYSIOLOGIE.** — a) Sur *J. oxycedrus*. La présence du parasite entraîne une chute précoce des feuilles, la deuxième année soit un an plus tôt que la normale, au niveau de la déformation. La croissance du rameau au-dessus du fuseau se trouve réduite ; la figure 54 donne la comparaison de la croissance d'un rameau sain et d'un rameau parasité. Ce dernier a une croissance réduite qui se traduit par la réduction du nombre des entrenœuds et de leur longueur. La taille des feuilles et leur constitution anatomique ne sont pas modifiées.

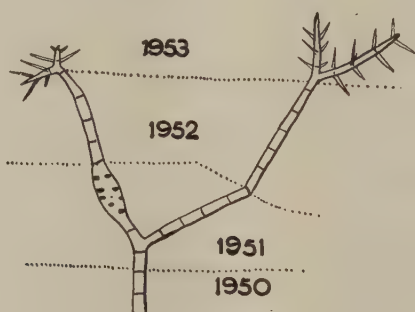


FIG. 54. — *G. confusum* sur *J. oxycedrus*.
Comparaison de la croissance annuelle d'un rameau sain et d'un rameau parasité.

Action sur la floraison et la fructification : Sur les pieds mâles les rameaux parasités sont, en général, stérilisés ; sur les pieds femelles la floraison est seulement réduite. On trouve en effet fréquemment des baies, parfois déformées, sur le fuseau lui-même et au-dessus du fuseau.

Longévité du fuseau : La déformation sur *J. oxycedrus* persiste plusieurs années pendant lesquelles elle émet annuellement des sores. Après la chute des sores une cicatrice liégeuse se forme et à cet emplacement il n'y a plus possibilité de formation de sores. De cette façon la surface du fuseau se trouve parsemée d'un certain nombre de plages subéreuses chaque année.

Le fuseau s'accroît vers ses extrémités ; cependant cette croissance n'est pas suffisante pour permettre au parasite d'émettre librement des sores. Aussi, après plusieurs années d'activité, environ une dizaine, le fuseau meurt et entraîne dans sa mort la partie supérieure de la branche.

Des essais d'incision annulaire ont été tentés : nous avons constaté, comme dans le cas du *G. gracile*, la réduction de la taille des sores tant à l'état sec, qu'à l'état gonflé, mais les spores avaient le même pouvoir germinatif.

b) Sur *J. phoenicea*. La croissance de la portion du rameau située au-

dessus de la zone parasitée est réduite. La floraison et la fructification sont nulles.

Longévité de la zone parasitée. Le champignon exerce son action sur une zone étendue. De plus, comme nous l'avons déjà vu dans l'étude anatomique, il peut empêcher la subérisation de certaines zones et par suite provoquer la mort du rameau par la formation des zones chancreuses.

Nous avons également constaté que chez ce Genévrier le mycelium progresse vers la base du rameau à partir du moment où se manifeste la mort de la partie supérieure.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Sur la partie hypertrophiée du rameau, on voit vers le milieu du mois de janvier des boursofflures qui correspondent à la formation des stromas sporigènes. A leur surface et avant la rupture du liège, on observe la formation de spores trapues à membrane colorée. Comme pour *G. gracile* les sores n'apparaissent pas sur le rameau de l'année. Cependant sur le jeune rameau la chute des feuilles est un indice de la prochaine formation de la tumeur. Les sores apparaissent alors en premier lieu au niveau des cicatrices de chute des feuilles.

Dès les premiers jours de Février, la poussée des stromas sporifères provoque l'éclatement du liège et le sore, foncé, apparaît ; il s'allonge progressivement pour atteindre sa taille normale vers le 5-10 Mars. Pendant ce temps, se sont développées intérieurement au sore les spores allongées. La surface du sore est couverte par les spores trapues protectrices ; les spores allongées faiblement colorées se trouvant à l'intérieur. A la faveur des conditions météorologiques (pluie, température) des séries de gonflement des sores se produisent et provoquent la germination des téléuto-spores. Ce mécanisme peut durer jusqu'à la fin du mois de Mars ; il est essentiellement tributaire des conditions météorologiques comparables à celles nécessaires à *G. gracile*.

Le gonflement donne aux sores des dimensions importantes au point qu'ils peuvent fréquemment entrer en contact et se souder en une masse informe. Les sores gonflés présentent des plages foncées (spores trapues) séparées par des canalicules plus clairs laissant apparaître les spores allongées.

Par dessèchement les sores se plaquent contre les rameaux. Après la chute des sores, le stroma basal se dessèche et il se forme une cicatrice de chute qui reste toujours visible sur le fuseau.

Températures de germination des téléutospores : (fig. 55)

7°.....	7 %
12°.....	28 %
13°.....	80 %
19°.....	74 %
22°.....	45 %
28°.....	15 %
36°.....	0 % agglutination

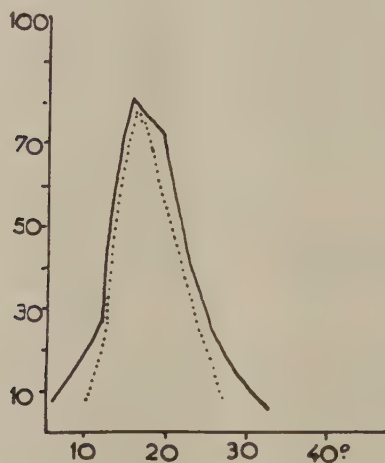


FIG. 55. -- *G. confusum*. Courbe des températures de germination : téléutospores (trait plein). — basidiospores (pointillé).

b) Biologie des hôtes

J. oxycedrus a été étudié précédemment.

Juniperus phoenicea L. — C'est un arbuste qui se trouve dans notre région à la limite nord de sa zone de végétation (MOLINIER, EMBERGER). Il est très abondant au Maroc où il caractérise l'étage méditerranéen semi-aride (EMBERGER, 1936, 1938, 1939). Il est plus rare dans l'étage méditerranéen subhumide, étage auquel appartient le Languedoc méditerranéen.

C'est, de tous les Genévriers de la flore française, celui qui est le plus caractéristique des climats secs et chauds (GAUSSEN, 1952). Sa répartition est sous la domination étroite du climat. Au point de vue du sol il est indifférent (EMBERGER, 1939). On le rencontre sur les dunes maritimes et cordons littoraux au Maroc et en France : Bois des Rièges, en Camargue (TALLON, 1931), Lansac (B. du Rhône) (DECROCK, 1912). Dans le nord du département de l'Hérault on le rencontre à Navacelles (BRAUN-BLANQUET, 1933).

Au point de vue de son écologie, ce Genévrier accepte la dégradation du sol, même poussée à l'extrême (sables). En France sa croissance est

très lente ; il se trouve localisé sur des calcaires dénudés à sol très mince, ou dans les fentes des rochers (fig. 56). Il supporte les froids en hiver, la sécheresse en été.

Au point de vue phytosociologique, dans la région que nous avons prospectée, nous pouvons dire que *J. phoenicea* appartient au *Rosmari-*

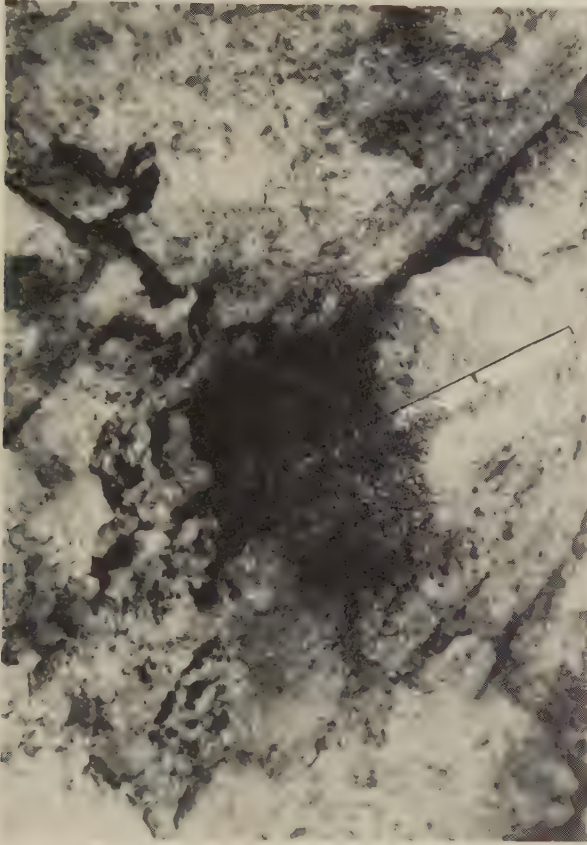


FIG. 56. — *J. phoenicea* dans une anfractuosité de rochers. — Grabels.

neto-lithospermetum Br. Bl. sous-associations : *juni-peretosum phoeniceae* Mol. à Grabels, *ericetosum* Br. Bl. à Fontfroide.

Phénologie. — La formation des fleurs a lieu à l'automne ; la floraison (pollinisation) a lieu au printemps. Les fleurs mâles se forment sur les ramifications terminales des rameaux ; les fleurs femelles se forment à l'extrémité des ramifications inférieures des pousses de l'année. Les baies sont mûres la deuxième année qui suit la fécondation.

Le rameau principal atteint dans l'année une longueur de 15 à 20 cm.

Evolution des fleurs mâles (fig. 57) :

Formation de la fleur	Fin septembre
Sacs polliniques visibles	15 janvier
Début pollinisation	10 février (par temps chaud et sec
Pleine pollinisation	1 ^{er} -5 mars
Fin de la pollinisation.....	10 mars

Evolution des fleurs femelles (fig. 58) :

Bouton floral	Fin septembre
Gonflement	20 octobre
Éclatement	2 décembre
Épanouissement.....	28 décembre
Nouaison	20 mars
Jeune fruit	avril
Fruit vert	septembre
Fruit mûr	Année suivante

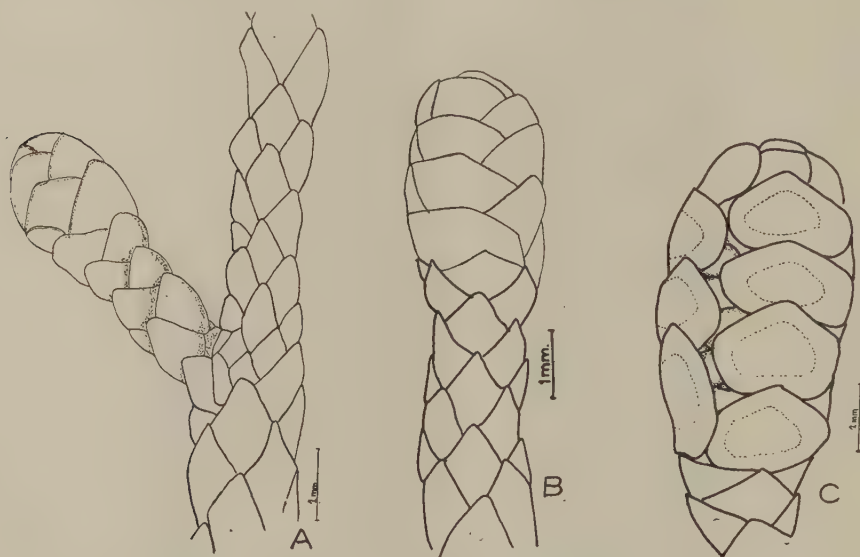


FIG. 57. — *J. phoenicea*. — Développement de l'inflorescence mâle.
A : septembre ; B : octobre ; C : décembre ; D : pollinisation (non figurée) mars.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon

1^o TEMPÉRATURE. — Ce *Gymnosporangium* apparaît très tôt en hiver (même fin Janvier), ce qui prouve sa résistance au froid. Nous l'avons même vu apparaître sur des rameaux bas de Genévrier oxycèdre pendant qu'ils étaient enfouis sous la neige. Celle-ci avait vraisemblablement agi en protégeant les rameaux du froid extérieur. Les spores formées dans ces conditions ne sont que des spores trapues à membrane épaisse (caractère de résistance au froid), d'ailleurs toujours les premières formées. Cependant les températures trop basses sont nuisibles aux spores allongées. En

effet, le 3 mars 1946 une gelée de l'ordre de -5° a détruit de nombreux sores ; les spores avaient un aspect ratatiné.

2° LUMIÈRE. — D'une manière générale, chez *G. confusum*, les sores apparaissent en premier lieu sur la face inférieure des fuseaux et à l'exposition nord, donc à une orientation recevant le moins de soleil. Ceci est en opposition avec ce qui a lieu pour *G. gracile*. *G. confusum* est en effet une espèce beaucoup plus nordique que *G. gracile*.

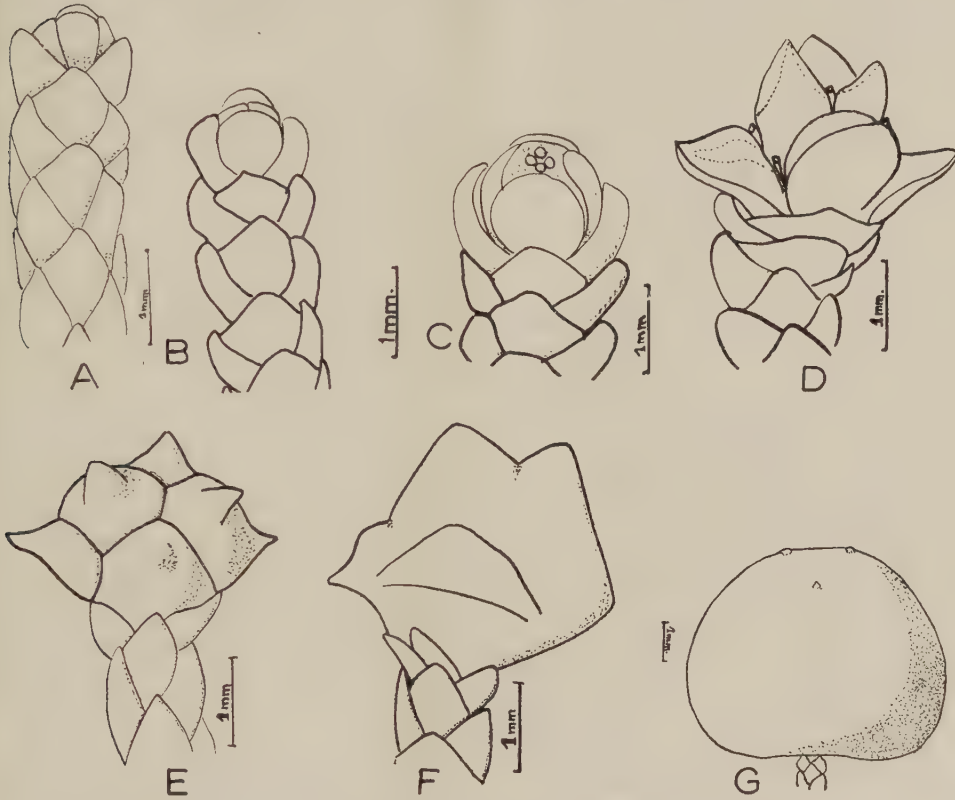


FIG. 58. — *J. phoenicea*. — Développement de l'inflorescence femelle. — A : septembre ; B : octobre ; C : novembre ; D : décembre ; E : mars ; F : avril ; G : septembre.

3° PLUIE. — Les remarques faites pour *G. gracile* sont également valables pour cette espèce. Cependant nous ajouterons que *G. confusum* est plus volumineux par rapport à sa masse sèche. De plus, le fuseau étant dénudé, une forte pluie associée à un vent violent provoque facilement la chute des sores.

4° VENT. — Le vent joue pour cette espèce un rôle important en provoquant la chute des sores volumineux à l'état gonflé.

5° ANIMAUX. — Les sores gélifiés sont un pôle d'attraction pour de nombreux Arthropodes qui se nourrissent de leur masse. Des Mollusques :

Escargots (*Cryptomphallus aspersa* Muller, *Eobania vermiculata* Muller), Limaces, se nourrissent aussi de sores non gonflés. On trouve enfin fréquemment des Iules (*Schizophyllum rutilans* Koch) parmi les sores.

On retrouve dans les excréments de ces animaux des téliospores qui ne semblent pas avoir été digérées ; les basides, basidiospores et pédicelles ne se retrouvent plus ; il est possible que tous ces organes aient été digérés.

Enfin nous avons pu observer des fuseaux dont les tissus avaient été rongés et dont seuls restaient quelques piliers en dessous des cicatrices de chute des sores. De telles attaques entraînent la mort du rameau au-delà du fuseau.

Enfin il nous a été fréquemment permis d'observer des larves rouges de Diptères mycophages dans les sores gélifiés (*Mycodiplosis*?).

B. — HAPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

Des inoculations répétées nous ont permis de suivre le développement de la phase écidienne de *G. confusum*.

1° SPERMOGONIE. — Ces organes se forment sur des taches vivement colorées : orangé, bordées de rouge ou pourpre. Les spermogonies ont la constitution classique ; elles mesurent $195-240 \times 165-230 \mu$. Elles ont une forme conique plus ou moins aplatie ou allongée. Elles sont constituées par un stroma à la surface duquel se différencient des hyphes qui produiront les spermaties. Ces dernières mesurent $6 \times 3 \mu$; elles sont fusiformes, pointues aux extrémités, hyalines.

2° ÉCIDIE. — Les écidies se forment à l'intérieur de tissus pathologiques, c'est-à-dire développés à la suite de l'action du parasite.

Elles apparaissent extérieurement à la tumeur par un prolongement du pseudopériidium. La partie externe du pseudopériidium est cylindrique ; elle mesure $0,5-0,8$ (plus rarement 1) $\times 0,2$ mm ; elle est brun canelle, laciniée à l'extrémité seulement, sur $0,1$ mm environ.

En coupe, les écidies ont la structure que nous avons donnée pour *G. gracile* : un stroma qui donne à la périphérie un périidium et au centre une masse d'hyphes dont l'assise périphérique donne le pseudopériidium.

Le pseudopériidium a des cellules terminales isodiamétriques : $45-50 \times 30 \mu$. On passe progressivement à des cellules plus longues au voisinage de la surface de la tumeur : $85-90 \times 16-21 \mu$. La membrane interne épaissie mesure $6,8 \mu$; quant à la membrane externe, 3μ .

L'ornementation de ces cellules est caractéristique (fig. 59). A un

faible grossissement elle apparaît formée de stries obliques ou longitudinales. A un grossissement plus fort ces stries apparaissent formées de verrues punctiformes très rapprochées ou allongées. Sur la face interne on distingue nettement des orientations de ces stries obliquement et longitudinalement. La face latérale, au contraire, ne présente que des ornements disposés obliquement.

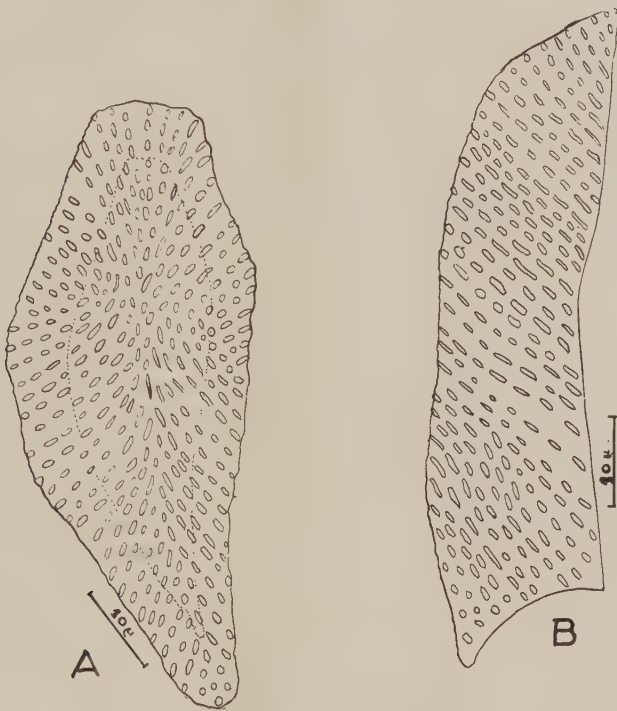


FIG. 59. — Face interne (A) et face latérale (B) des cellules pseudopérithéciales de *G. confusum*.

Vers la base des files de cellules pseudopérithéciales les dimensions de ces cellules diminuent.

Les écidiospores sont produites par des hyphes qui donnent des files de spores séparées par des cellules intercalaires qui dégénèrent rapidement. Comprimées à l'intérieur du sore, les spores apparaissent la plupart du temps polygonales : $23-27 \times 20-23 \mu$. Leur membrane brune, $2,5-3,5 \mu$, est finement verruqueuse. Les verrues sont situées selon des lignes plus ou moins courbes. Ces spores ont 6-8 pores.

b) Morphologie des hôtes écidieus

Les hôtes que nous avons recensés comme hébergeant cette espèce sont : *Cydonia*, *Crataegus monogyna* et *Cr. rusciniensis*. Pour deux d'entre elles les études ont été faites plus haut.

Crataegus ruscinoensis Grenier et Blanc. — Azerolier du Roussillon : C'est un arbrisseau indigène, peu épineux, à feuilles trilobées ; les fruits contiennent deux noyaux. Les exemplaires de cette espèce sont de plus en plus rares. Strictement méditerranéen, il était utilisé pour le bornage. C'est d'ailleurs en bordure de parcelles cultivées ou anciennement cultivées qu'on en retrouve des exemplaires isolés ; mais il est souvent détruit.

Les fruits mesurent 1-1,5 cm de diamètre et contiennent un ou deux noyaux. Ceux de *Cr. azarolus* Gouan ont 2-3 cm de diamètre et renferment 4 ou 5 noyaux. Cette dernière espèce est encore plus rare dans nos environs.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

Le *G. confusum* attaque tous les organes chlorophylliens des hôtes que nous avons indiqués. Il y provoque des déformations par excitation des méristèmes. Les feuilles sont le plus fréquemment atteintes ; elles présentent à la face inférieure une tumeur provoquée par une hypertrophie et une hyperplasie du tissu lacuneux. Les pétioles sont également atteints et nous avons pu observer des déformations importantes. Le pétiole peut ainsi atteindre un diamètre triple de son diamètre normal. C'est le tissu cortical qui est modifié ; le collenchyme du voisinage du faisceau vasculaire est également envahi mais non modifié. Des filaments mycéliens longitudinaux et transversaux intercellulaires le parcourent. C'est un autre exemple en faveur de l'attrait des Urédinées pour le collenchyme.

Les fruits et leur pédoncule sont également atteints ; les déformations sont comparables à celles que nous avons décrites pour *G. gracile*.

Physiologie. — Ici encore nous ferons les mêmes observations que pour *G. gracile*. La localisation des diverses attaques en des points vitaux provoque des troubles dans la physiologie de l'hôte. La surface foliaire ne remplit son rôle que partiellement ; l'attaque des pétioles peut entraîner la mort des feuilles ; l'attaque des fruits, qui se trouvent momifiés, est importante dans le cas du Cognassier.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Nous ne reviendrons pas sur les détails de l'évolution des différents stades que nous avons décrits pour *G. gracile*. Nous résumerons succinctement ces stades en ce qui concerne *G. confusum*.

Les inoculations auxquelles nous avons procédé, nous ont permis de préciser les conditions de développement. Les meilleurs résultats ont été

obtenus entre le 10 Mars et le 5 Avril. Ces périodes sont variables avec les années.

Les taches porteuses de spermogonies apparaissent 7-13 jours après l'inoculation. Les gouttelettes de nectar se forment immédiatement. Le mélange de nectars déclenche le processus tumoral. Le début de la tumeur est visible 7 à 16 jours après (30 Mars-30 Avril). Cette durée est fonction des conditions météorologiques. Enfin, 8 à 10 jours après le déclenchement de la tumeur, soit la première quinzaine de Mai, les pseudopériidium arrivent en surface, crèvent le liège de la surface de la tumeur et 3 à 5 jours plus tard le pseudopériidium est complètement développé et les écidiospores mûres sont projetées à la faveur des variations atmosphériques. Au total 35 à 40 jours sont nécessaires au développement du stade écidien.

Nous avons constaté que l'évolution est d'autant plus rapide que l'inoculation a été plus tardive ; ceci vraisemblablement en raison de la température plus élevée qui favorise le développement.

b) Biologie des hôtes

Cr. ruscinonensis a été cultivé autrefois ; les vestiges en sont la preuve (exemplaires en bordure de chemins en particulier).

Le développement phénologique est le suivant (fig. 60) :

O. Bourgeon dormant.....	
A. Gonflement	9 février
B. Rupture	5 mars
C. Éclatement	9 mars
D. Bouton vert	16 mars
E. Apparition des pétales	23 mars
F. Floraison	5 mai
G. Chute des pétales	12 mai
H. Nouaison	15 mai
I. Fruit taille adulte (vert)	17 août
I ₃ . Maturité (fruit rouge)	15 septembre
J. Chute des feuilles	15 novembre

Développement de la cuticule : La cutinisation débute au niveau des poils, même sur la feuille pliée. Ce n'est que sur une feuille largement étalée que la cuticule est bien développée, le 30 Mars (fig. 61).

c) Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon

Les facteurs naturels (température, pluie, vent, animaux) agissent de la même façon pour cette espèce que pour le *G. gracile* que nous avons étudié plus en détail ; nous renvoyons à cette étude n'ayant rien observé de particulier sur *G. confusum*.

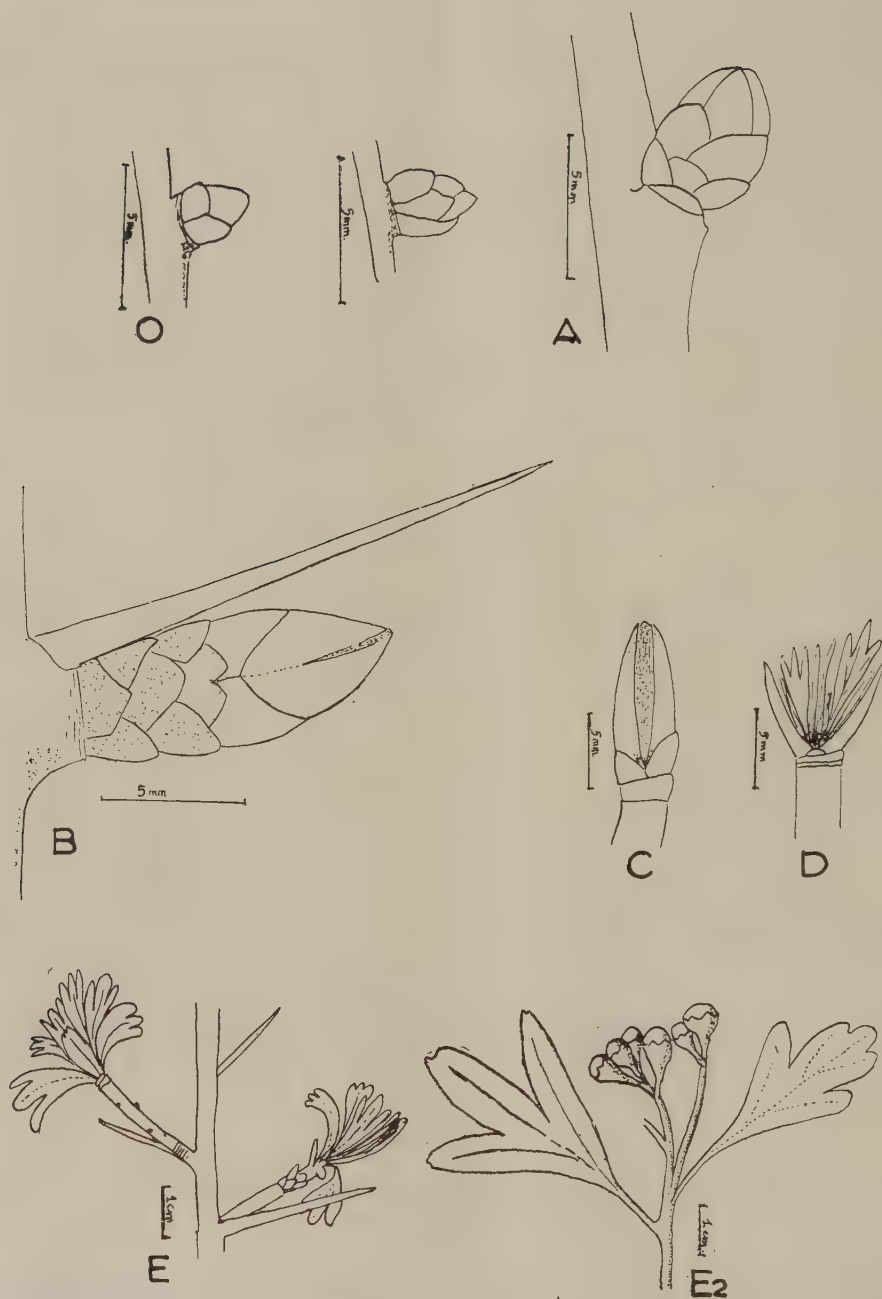


FIG. 60. — Stades repères de *Crataegus ruscinonensis*.

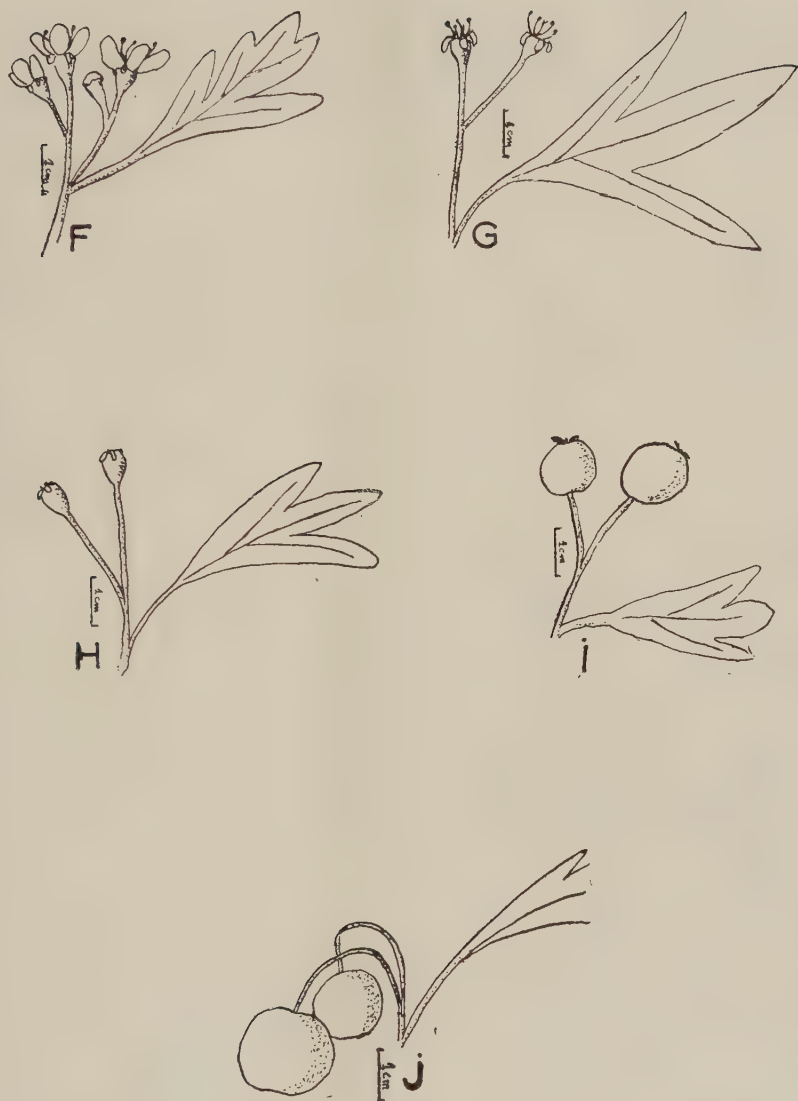


Fig. 6o (Suite) — Stades repères de *Crataegus ruscinonensis*.

IV. — CONCLUSIONS

Les cycles que nous avons réalisés nous permettent de tracer trois courbes (tableau I) : l'une du début de la période d'infection à courte durée d'incubation, une courbe d'évolution en fin de saison et une courbe moyenne régulière correspondant à la majorité de nos inoculations.

Ce sont les conditions climatologiques qui influent sur la forme des courbes par l'humidité et la température.

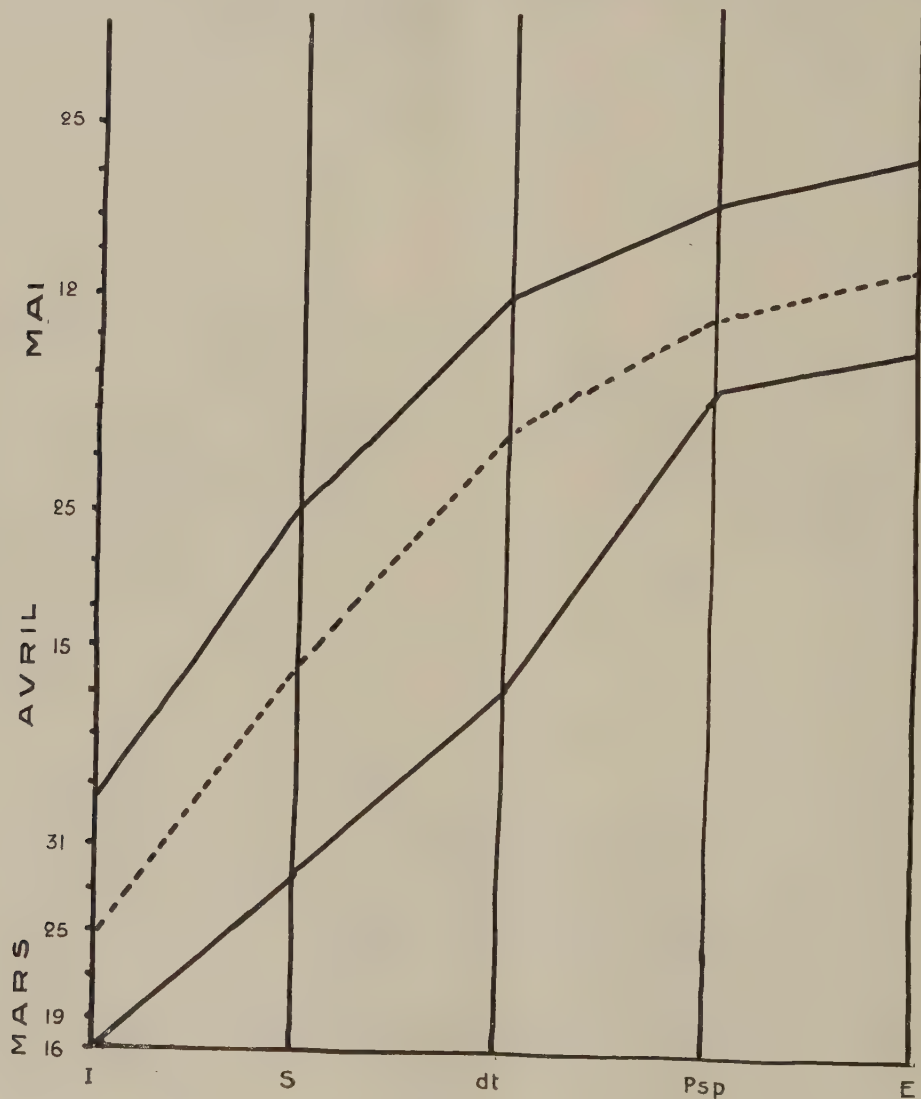


TABLEAU I

Evolution de la phase écidienne de G. confusum

I, Inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopériidium ;
E, émission des écidiospores.

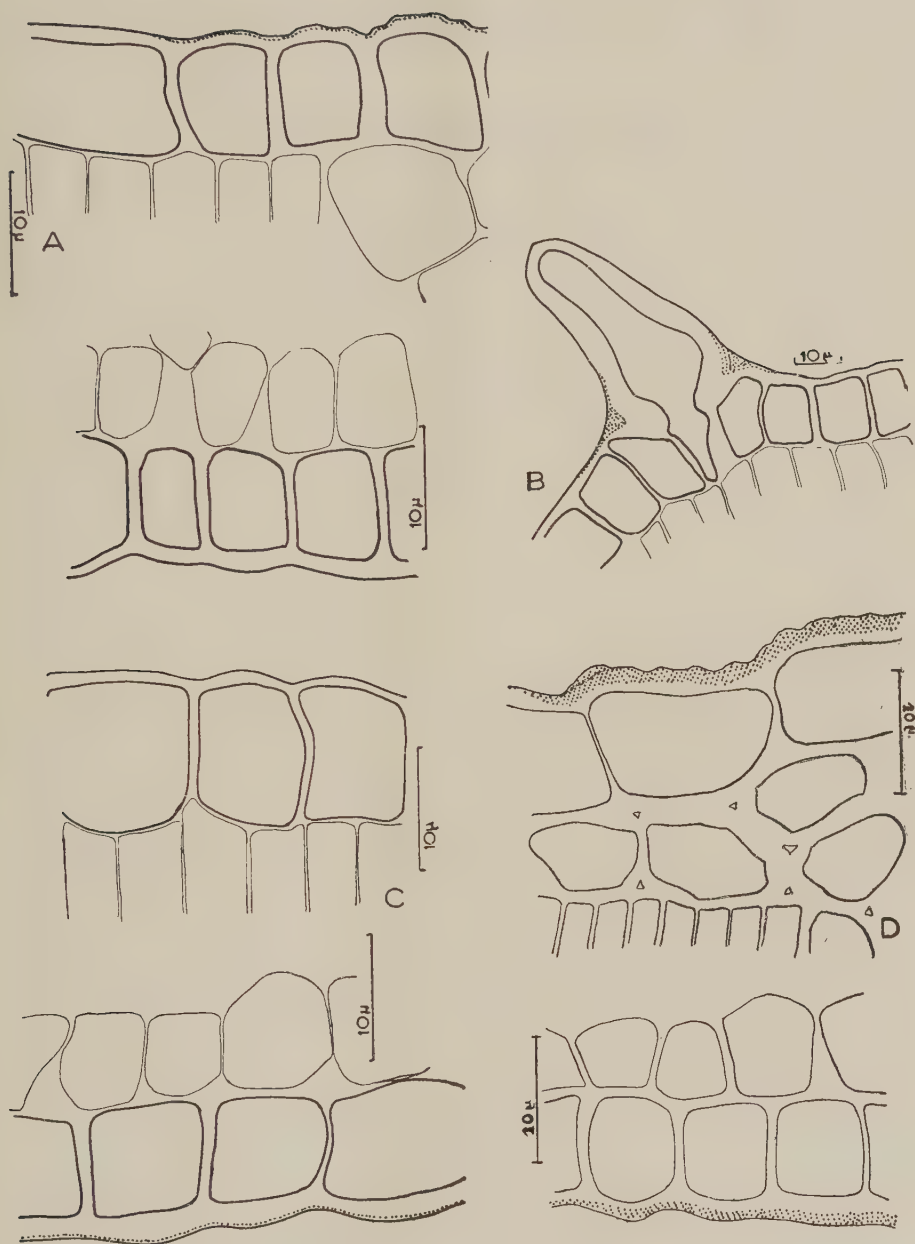


FIG. 61. — Développement de la cuticule de la feuille de *Crataegus ruscinoensis*. — A, B : 19 mars. Début de cutinisation à la face supérieure au niveau des nervures (A) et à la base des poils (B). Face inférieure : pas de cutinisation. — C : 19 mars. Début de cutinisation sur toute la face inférieure d'une feuille étalée. — D : 30 mars. Face supérieure : cuticule épaisse au niveau des nervures, se prolongeant sur toute la surface de la feuille. Cuticule épaisse face inférieure.

CHAPITRE III

GYMNOSPORANGIUM FUSCUM DC.

(= *G. sabinae* (Dicks.) Wint.)

I. — HISTORIQUE

En 1785, DICKSON décrit en Grande-Bretagne *Tremella sabinae* sur les rameaux de *Juniperus sabina* L.

Plus tard, PERSOON (1801) décrit sous le nom de *Puccinia juniperi* une espèce qu'il trouve sur le même Genévrier. PERSOON voit d'autre part les pycnides sur les feuilles de Poirier, mais ne les interprète pas.

En 1804 REBENTISCH étudiant l'écidie sur Poirier décrit le genre *Roestelia*.

De CANDOLLE (1805) donne une description plus détaillée du *G. fuscum*.

DUBY (1830) décrit cette espèce sous le nom de *Podisoma fuscum* et met en synonymie le *G. fuscum* DC. 1805 et *Puccinia juniperi* Pers.

CORDA (1837) représente les téliospores et écidies de cette espèce.

EUDES-DESLONGCHAMPS (1837) le premier signale les relations qui existent entre la rouille sur *J. sabina* et celle sur Poirier.

CHATEL (1862) rapporte un cas d'épidémie de rouille sur Poirier en rapport avec le voisinage d'un Genévrier Sabine. Cependant il ne parle pas avec certitude de parasite sur le Genévrier. Il met en cause des spores ou le pollen.

De BARY ayant prouvé l'hétérocécie pour *Puccinia graminis*, OERSTED (1865) par des essais systématiques prouve que *Podisoma sabinae* et *Roestelia cancellata* appartiennent à un même individu.

KICKX (1867) donne une description plus détaillée des deux stades qu'il ne relie pas entre eux.

ROZE (1869, 1870) rapporte quelques expériences qui confirment celles d'OERSTED, mais voit mal les relations entre téléutospores et sporidies. Il montre aussi les différences dans le développement des stades écidies de plusieurs espèces.

CORNU (1878) considère qu'il existe trois *Podisoma* en France : *P. clavariaeforme*, *P. juniperi-sabinae* et *P. fuscum*. Il donne leurs caractères macroscopiques distinctifs et cite le *P. sabinae* sur *J. communis*, *J. virginiana* en plus de *J. sabina*.

ARBOIS de JUBAINVILLE (1878) relate le cycle complet de cette espèce et donne comme durée de l'incubation : 4 jours.

WINTER (1880) dénomme le champignon *G. sabinae*, mais ne donne pas la description des téléospores (d'après HYLANDER et al.). Dans le RABENHORST Kryptogamenflora il nomme le parasite *G. sabinae* et en donne une description complète.

FLOWRIGHT (1888) réalise de nombreux essais avec *G. fuscum* ; il inocule ainsi : *Pyrus communis* et *Crataegus oxyacantha*. Il est aussi amené à penser à l'existence de deux espèces différentes. C'est de ces expériences qu'il déduira l'existence de *G. confusum* et de *G. sabinae* sur *J. sabina*. En 1889, dans sa Monographie il décrit séparément ces deux espèces et donne les caractères distinctifs macroscopiques et microscopiques, téliens et écidien. Il décrit en outre les deux types de télisporos et constate leur similitude de forme.

FISCHER (1891) étudie le cycle et constate sa longueur par rapport aux autres espèces, les écidiosporos étant émises au mois de septembre.

HARTIG (1891) considère la possibilité de transport à longue distance des sporidies ; il envisage aussi la possibilité du parasitisme sur *J. oxycedrus* en Provence.

POIRAULT (1892) a réussi à faire germer les écidiosporos de *Roestelia cancellata* ayant subi des froids.

KLEBAHN (1892 *b*), TUBEUF (1893) réalisent des cycles artificiels dont ils constatent la longueur.

TUBEUF (1898) n'accepte pas l'existence du *G. sabinae* sur *Pinus halepensis*. Par contre il cite comme hôtes téliens : *J. sabina*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*. Il résume les conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme. En 1907, il considère que le mycelium écidien est perenne dans les organes vivaces du Poirier.

TROTTER (1908) considère que l'espèce parasite seulement *Pyrus communis*, les autres Rosacées étant immunes. Il met d'autre part en synonymie : *G. sabinae* f. *constrictum* Barsali sur *J. phoenicea*. En 1916 il rapporte quelques observations biologiques et considère, contre TUBEUF, que le mycélium n'est pas perenne chez *Pyrus*.

LEMÉE (1924, 1925) a réalisé de nombreuses observations sur la rouille grillagée. Il fait état de tous les rapports et correspondances qu'il a échangés avec diverses autorités civiles ou scientifiques en vue de rendre obligatoire l'arrachage du Genévrier Sabine dans le voisinage des plantations de Poiriers. Cette pratique a eu d'heureux effets. Il considère de plus *G. sabinae* inféodé aux Genévriers du type *sabina*. Enfin il a constaté la lente évolution du stade écidien.

BOURCART et LAUBERT (in MONTEMARTINI 1925) croient à l'hivernation à l'état mycélien dans les rameaux de Poirier.

DECKENBACH (1927) considère le minimum de température pour la germination des télisporos à 10°.

ARNAUD (1931) cite parmi les hôtes de *G. sabinae* probablement *J.*

phoenicea ; par contre il relève que c'est à tort que cette espèce a été indiquée sur *J. oxycedrus* et sur *Pinus*.

R. FISCHER (1932) constate que le froid et l'humidité ont favorisé l'infection des Rosacées.

FRANÇAIS (1933) étudie la localisation de l'amidon dans les déformations provoquées par le parasite et dans les écidiospores.

CIFERRI (1945) constate la sensibilité des jeunes feuilles de Poirier. Les feuilles âgées peuvent cependant être infectées par l'intermédiaire d'une blessure. Il considère, en outre, que les Mollusques sont un important mode de transport du parasite.

STAEHELIN et WURGLER (1948) estiment le pourcentage d'infection par rapport à la distance des deux hôtes (négligeable au delà de 1 000 m).

H. FISCHER (1949) considère sans grande importance toute distance supérieure à 300 m en Suisse.

BREMER (1951) signale en Turquie les possibilités d'infection à 5-6 km de distance des hôtes ; le climat joue en outre un rôle prépondérant, en particulier l'humidité. Il signale comme hôtes : *J. oxycedrus*, *J. nana*, *Pyrus communis*, *P. amygdaliformis*, *P. elaeagnifolia*.

GRAM et WEBER (1952) étudient les conséquences du parasitisme.

Répartition

G. fuscum est localisé à l'Europe et au Proche-Orient. CROWELL (1940) la considère comme endémique de l'Ancien continent (Europe, Afrique du Nord). De plus, son extension dans le Proche-Orient permet d'envisager son extension vers l'Asie (fig 61 bis).

En France le parasite est signalé à peu près partout et plus particulièrement :

Auvergne : BREVIÈRE, HARIOT.

Alpes : HEIM.

Bassin parisien : VIENNOT-BOURGIN, LEMÉE.

Champagne : MAURY.

Bassin Aquitain : DUPIAS, BIER.

Charente-Inférieure : Société des Sciences Naturelles.

Région méditerranéenne :

Camargue : HEIM (in TALLON).

Vaucluse : LAGARDE.

Corse : MAIRE, DUMÉE et LUTZ.

Gard : ARNAUD.

HARTIG, ARNAUD soulignent l'incertitude du cycle de *G. fuscum*

dans le Languedoc où le *J. sabina* manque et où cependant les Poiriers cultivés et les Poiriers sauvages (*P. amygdaliformis*) sont fortement attaqués.

Nous avons trouvé ces hôtes très attaqués au cours de nos prospections. Ils cohabitent en effet avec *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* de la garrigue.



FIG. 61 bis. — Carte de répartition de *G. fuscum*.

II. — LE CHAMPIGNON

A. — Synonymie

On a attribué à cette espèce plusieurs dénominations qui au début contenaient plusieurs espèces puisque PLOWRIGHT a détaché *G. confusum* du *G. fuscum*.

Tremella sabinae Dickson 1785.

Gymnosporangium fuscum DC. 1805.

Podisoma fuscum Duby 1830.

Podisoma juniperi-sabinae Fr. 1832.

G. sabinae (Dicks.) Wint. 1884.

G. sabinae f. *constrictum* Barsali 1906.

G. sabinae f. *piri-communis* Eriksson 1919.

Nous rapportant à JORSTAD (1942) nous adopterons *G. fuscum* DC. En effet, les dénominations antérieures à 1801 n'étant pas valables selon le code international de nomenclature on devrait se référer à *Puccinia*

juniperi Pers., mais cette dénomination étant appliquée à une autre espèce en 1805, c'est *G. fuscum* DC. qui est valable contre la dénomination de WINTER (1884).

Pour le stade écidien nous donnerons seulement :

Aecidium cancellatum Pers. 1791, 1801.

Roestelia cancellata Rebert. 1804.

B. — Cycle

Originellement décrit sur *J. sabina*, *G. fuscum* a été reconnu sur d'autres espèces de Genévriers. Les premières expériences sur l'hétérocie ont été faites par OERSTED qui réussit à inoculer le Poirier. Par la suite, d'autres auteurs ont essayé d'inoculer d'autres espèces du genre *Pyrus* ou d'autres Pomacées.

Juniperus	Pyrus	Auteur
J. sabina L.	P. communis L. P. michauxii Bosc P. tomentosa (sic)	OERSTED, FISCHER, PLOWRIGHT REESS REESS
J. virginiana L. J. chinensis L.	P. amygdaliformis Vill. P. nivalis Jacq. P. salviifolia Pall.	SAHLI 1916 (in JORSTAD 1942)

Par ailleurs de nombreux auteurs ont déterminé cette espèce sur différents hôtes :

Juniperus phoenicea L., *oxycedrus* L., *virginiana* L., *excelsa* M. B., *thurifera* L., *communis* L., *foetidissima* Willd., *sphaerica* Lindl., *nana* Willd., *japonica* Carr.

Pinus halepensis Mill. : REESS.

Cupressus sempervirens L. : OUDEMANS. CROWELL (1940 b). considère qu'il s'agit d'une erreur. Aucun autre recensement sur cet hôte n'a été fait.

Pyrus amygdaliformis Vill., *syriaca* Boiss., *malus* L., *elaeagrifolia* Pall., *betulaefolia* Bnge., *michauxii* Bosc.

Pyrocydonia danieli : MAURIZIO.

Nos nombreuses expérimentations dans le Languedoc méditerranéen nous ont permis de mettre en évidence l'existence du *G. fuscum* sur *J. oxycedrus* et *J. phoenicea*. En effet, à partir de *G.* prélevés sur ces deux Genévriers nous avons pu inoculer *Pyrus communis* (cultivé) et *Pyrus amygdaliformis* (spontané).

Le *G. fuscum* parasite donc des *Juniperus* appartenant aux deux sections : *sabina* et *oxycedrus*. D'autres espèces (*G. clavipes*, *G. confusum*) parasitent également des Genévriers appartenant à ces deux sections.

III. — ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

Le parasitisme sur les Genévriers provoque des déformations se ramenant toutes à une tumeur fusiforme : sur *J. oxycedrus*, les tumeurs sont courtes, 3-4 cm, et entraînent rapidement (4-5 ans) la mort du rameau ; sur *J. phoenicea*, les fuseaux sont très allongés (10-12 cm) et peu épaissis (fig. 62).

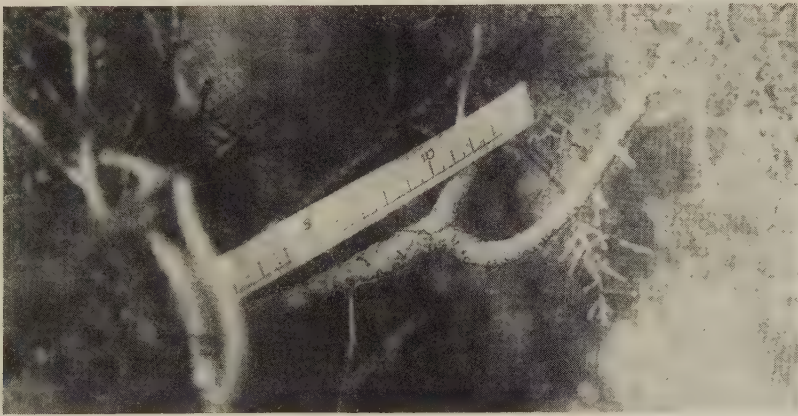


FIG. 62. — *G. fuscum* sur *J. phoenicea*. Les sores commencent à apparaître à la date du 25 mars.

A la surface de ces déformations apparaissent des sores brun foncé presque noir au début (jeunes, non gonflés) qui atteignent 5-8 mm de haut, à aspect velouté. A l'état humide ils mesurent 10-15 × 8-10 mm et sont brun.

SPORES. — Elles sont de deux types ; de nombreux auteurs les ont vues ; PLOWRIGHT précise qu'elles sont de forme comparable (fig. 63-64).

Spores colorées : La cellule supérieure est conique (plus conique que chez *G. confusum*). La cellule inférieure est aussi rétrécie vers la base.

Elles mesurent : 42-47 × 23-30 μ ; membrane 2,5 μ , colorée en brun ; rétrécissement faible à la cloison : 23-28 μ ; 2 pores par cellule au voisinage de la cloison.

Spores claires : Ces spores sont un peu plus allongées et un peu étroites ; leurs deux cellules sont semblables ; leur membrane n'est pas colorée.

44-51 $\times$ 18-24 μ (cloison 17-20) ; membrane 1,7 μ ;
2 pores par cellule au voisinage de la cloison ;
rétrécissement important au niveau de la cloison.

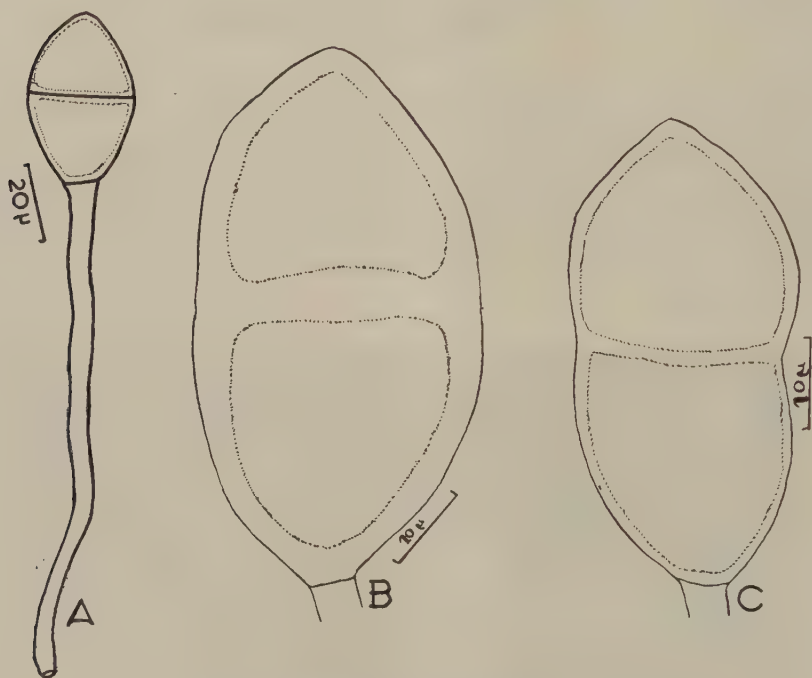


FIG. 63. — *G. fuscum*. — Télisporos. —
A : une spore et son pédicelle ; B : spore trapue ; C : spore claire.

Le pédicelle, dans les deux cas, est très long ; sa largeur est de 3-4 μ .

Basides : 84 $\times$ 6,3-7,3 μ .

Basidiospores : 18-20 $\times$ 15 μ .

b) Morphologie des hôtes

Les hôtes téliens que nous avons relevés dans notre région sont : *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* appartenant à deux sections différentes de *Juniperus*. Ces deux espèces ont été étudiées aux chapitres précédents.

Quant au *J. sabina* il n'existe pas dans la région à l'état spontané ; il est caractérisé par des feuilles squamiformes disposées sur 4 à 6 rangs, et des fruits bleuâtres.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

TUBEUF résume les travaux de WOERNLE en ce qui concerne les modifications anatomiques du *J. sabina*. Il constate une action comparable à celle des autres espèces de *G.* : le bois, le liber et l'écorce sont accrus amenant un épaissement des rameaux ; les rayons médullaires sont nombreux et larges ; cependant le mycélium ne pénètre pas le bois.

La tumeur, sur le rameau de *J. phoenicea*, est peu visible. C'est un

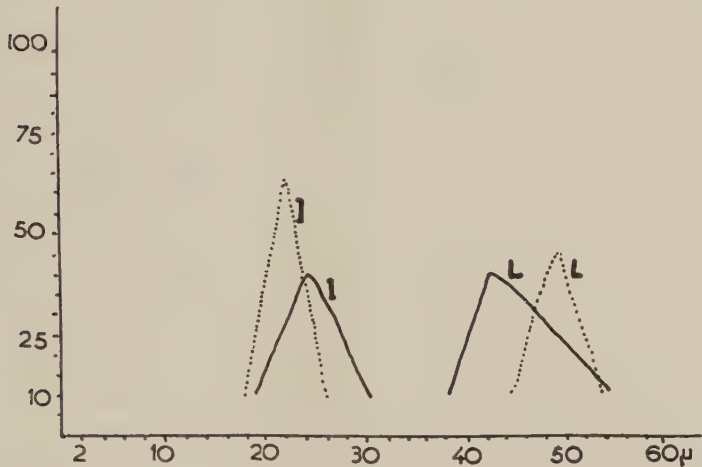


FIG. 64. — *G. fuscum*. — Courbes des longueurs (L) et largeurs (l) des téliospores ; en trait plein : spores colorées ; en pointillé : spores claires.

fuseau très allongé dont l'élargissement est très progressif. En coupe, l'écorce est formée de cellules parenchymateuses hypertrophiées et dissociées. Le liège qui se forme en surface peut être envahi par le mycélium intercellulaire dans les tout jeunes stades de sa formation. Le liber est envahi ; les fibres libériennes sont plus nombreuses, mais ne sont pas pénétrées par le mycélium, ni par les suçoirs. Le mycélium circule entre les cellules libériennes et envoie des suçoirs ovoïdes à leur intérieur. Le bois est peu modifié. Les rayons médullaires sont nombreux, mais nous ne les avons pas vu pénétrés par le mycélium.

J. oxycedrus : Les déformations sont plus courtes (3-4 cm) et paraissent plus volumineuses. Au point de vue anatomie les tissus subissent les mêmes déformations

— écorce : les cellules parenchymateuses sont hypertrophiées et dissociées par le mycélium intercellulaire ;

— le liber est envahi ; les fibres libériennes sont épaissies et plus nombreuses (fig. 65) :

— le bois est peu modifié ; seuls les rayons médullaires sont nombreux et envahis par le mycélium.

La modification du liber (fibres libériennes nombreuses et épaissies au détriment des cellules actives) ainsi que la pénétration profonde du mycelium dans les rayons médullaires sont des facteurs qui concourent à la destruction de la tumeur ; en effet, les tumeurs durent peu d'années (4-5 ans). Sur *J. phoenicea*, au contraire, elles ont une durée plus grande (8-10 ans).

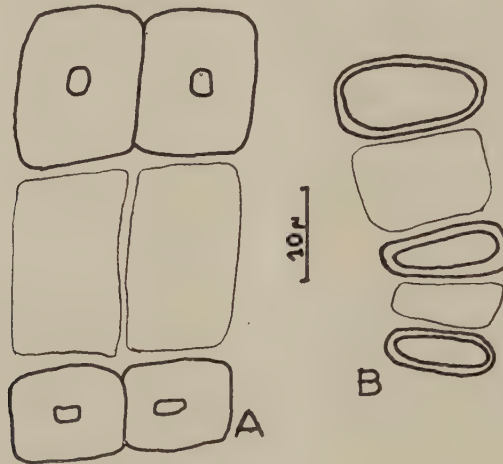


FIG. 65. — *G. fuscum* sur *J. oxycedrus*. — Modification du liber. — A : Tissue parasité ; B : Tissue sain.

Physiologie : Le parasitisme de *G. fuscum* entraîne un dessèchement du rameau qu'il parasite et des ramifications qui y prennent naissance ; ce dessèchement est plus rapide sur *J. oxycedrus* que sur *J. phoenicea*.

Lorsque le parasite progresse vers des ramifications aoûtées (lignifiées, sclérifiées) prenant naissance sur ce rameau, il n'entraîne pas directement la mort ; seules les jeunes ramifications sont touchées car la pénétration des tissus jeunes est plus facile.

Enfin chez ces deux hôtes la floraison se trouve inhibée au-dessus du fuseau

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Le mycélium perennant du *G. fuscum* produit au début du mois de mars des stromas qui provoquent des boursouffures de l'écorce. Ces stromas font éclater l'écorce et il apparaît alors des sores brun noir peu proéminents et assez larges. Leur évolution est lente ; en effet, ce n'est qu'au

mois d'Avril que les téliospores contenues dans ces sores sont capables de germer à la faveur de la pluie ; le sore gélifié est peu volumineux.

Des séries de gélification et de dessèchement ont lieu sous l'influence de la pluie comme pour les autres espèces de *G.* jusqu'au début du mois de mai. A ce moment-là les sores sont généralement épuisés.

Nous avons réalisé des essais de germination à différentes températures des téliospores et basidiospores. Nous avons établi les tableaux et les courbes suivantes (fig. 66).

Téliospores		Basidiospores	
6°	0 %	10°	0 %
8°	5 %	12°	10 %
12°	15 %	15°	60 %
15°	60 %	18°	70 %
18°	75 %	20°	35 %
20°	50 %	28°	0 %
23°	35 %		
28°	0 %		

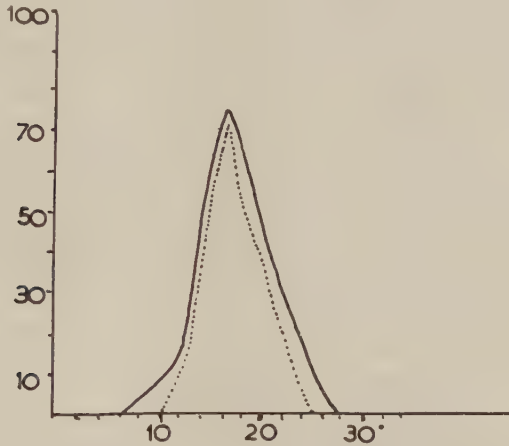


FIG. 66. — *G. fuscum*. — Courbes des températures de germination des téliospores (trait plein) et basidiospores (pointillé).

Les spores à membrane claire germent les premières ; celles à membrane épaisse germent lorsque le sore a déjà produit plusieurs fois des basidiospores.

b) Biologie des hôtes

Pour *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* voir les chapitres précédents.

J. sabina L. — Bien qu'absent du Languedoc méditerranéen nous donnerons quelques indications en raison du rôle qu'il joue pour *G. fuscum* dans d'autres régions ; il est souvent planté dans les parcs. C'est une espèce de climat humide, neigeux, mais d'étés secs (GAUSSEN, 1952).

c) Influence de quelques facteurs naturels sur l'évolution du parasite

1° TEMPÉRATURE. — L'évolution tardive du stade télien est en faveur de ses exigences climatiques. Nous avons observé la maturité des spores en avril et jusqu'au début du mois de mai, alors que, pour la plupart des autres espèces de *G.*, la sporulation est terminée.

DECKENBACH (1927) constate que les sores apparaissent, en Crimée, lorsque la température atteint un minimum de $+ 10^{\circ}$.

CIFERRI (1945) signale l'apparition de sores dès avril en Italie et leur maturité en mai.

MAIRE et al. (1903) ont récolté en Corse les clavules sur *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* en avril ce qui est en accord avec nos observations.

2° PLUIE. — La pluie est très importante pour cette espèce à évolution tardive. En effet, la température plus élevée de l'époque à laquelle les spores sont mûres provoque une évaporation plus grande. Il faut donc une plus grande quantité de pluie, mais surtout une plus longue persistance d'un degré hygrométrique élevé, supérieur à 90, maintenu par des pluies continues non violentes.

3° VENT. — Le vent agit en dispersant les basidiospores. Il peut les emporter à de très grandes distances, mais alors l'infection est plus faible ; l'attaque massive des *Pyrus* ne se réalise qu'en cas de proximité des deux hôtes. BREMER cite une dispersion qui peut aller jusqu'à 5-6 km.

4° ANIMAUX. — Nous avons fréquemment trouvé des Iules brouter les sores de *G. fuscum* sur Genévriers.

B. — HAPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° SPERMOGONIES. — Spermogonies sous épidermiques situées la plupart du temps à la face supérieure des feuilles sur laquelle elles produisent des taches rouge-orangé vif. Elles ont la forme caractéristique conique ; dimensions : $170-200 \times 150-170 \mu$; spermaties : $8-11,2 \times 2,4-3 \mu$, incolores, qui sont dans un nectar. Ces spermogonies présentent des hyphes qui sortent par l'ostiole et que nous assimilons aux hyphes flexueux.

2° ÉCIDIES. — A la face inférieure des taches portant les spermogonies se développe une tumeur volumineuse à l'intérieur de laquelle se différencient les écidies. Celles-ci apparaissent à la surface de la tumeur

par leur pseudopériidium caractéristique dont la portion externe mesure 1,5 mm.

En coupe, les écidies ont la constitution classique (fig. 67) : un stroma

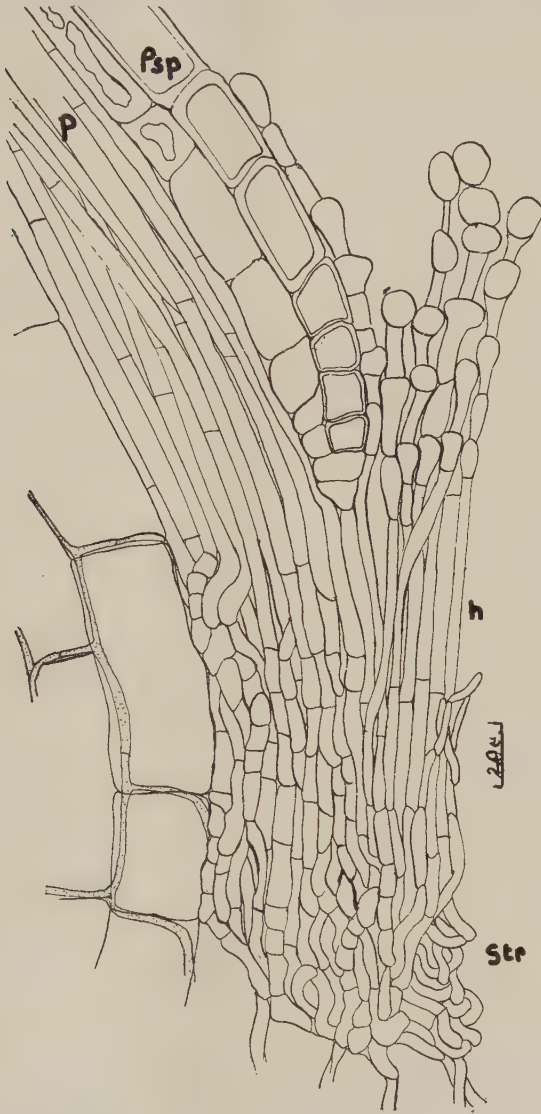


FIG. 67. — *G. fuscum*. — Coupe d'une écidie montrant : Str. stroma, h. hyphes sporigènes, Psp. pseudopériidium ; p. périidium.

mycélien sur lequel se forment les écidiospores entourées par un pseudopériidium, dont les files cellulaires ont même valeur que les files d'écidiospores, entouré d'un manchon mycélien.

Les cellules de l'extrémité du pseudopériidium restent soudées entre elles (par intrication des ornements). Les déchirures longitudinales

se produisent par place dans la portion externe du pseudopériidium pour laisser échapper les spores, l'apex du pseudopériidium restant en place.

L'apex est constitué de cellules presque isodiamétriques : $48 \times 50 \mu$. Les cellules s'allongent vers la base : $68 \times 17-22 \mu$ pour atteindre un maximum de $100-120 \times 16-20 \mu$, au niveau de la surface de la tumeur. Elles deviennent ensuite de plus en plus petites vers la cellule-mère.

Membrane interne épaisse : $6,4 \mu$, ornée de verrues (fig. 68).

Membrane externe mince : 3μ .

Face latérale : $16-20 \mu$, ornée de verrues.

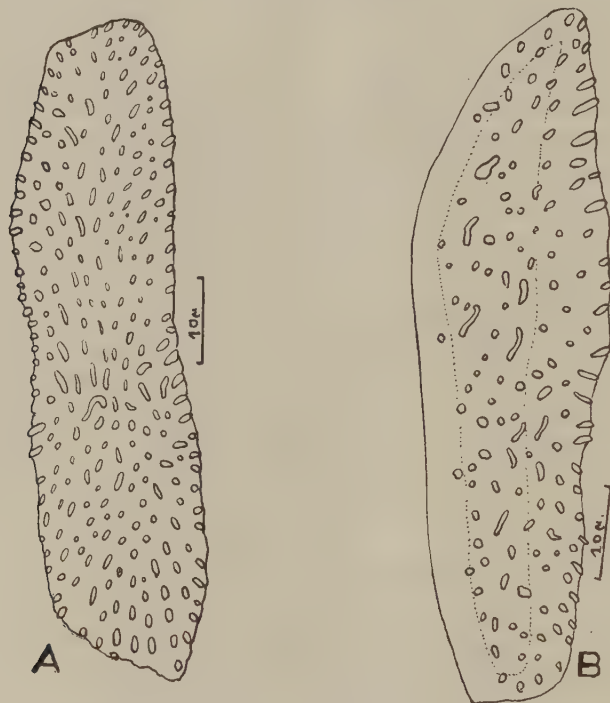


FIG. 68. — *G. fuscum*. — Cellules pseudopériodiales. —
A : face interne ; B : face latérale.

Les cellules des files du pseudopériidium sont articulées entre elles (fig. 69). Ces articulations sont formées par une tête à la cellule supérieure, autour de laquelle la cellule inférieure envoie un prolongement interne et un prolongement externe plus court. Cette articulation permet aux cellules de jouer, sans cependant amener un enroulement trop important vers l'intérieur.

A l'extérieur du pseudopériidium une lacune correspond à l'emplacement des cellules homologues des cellules intercalaires des chaînes d'écidiospores et qui ont dégénéré. Cette dégénérescence est tardive chez cette espèce.

3° ÉCIDIOSPORES. — Elles se forment en files au sommet d'hyphes qui donnent alternativement des spores et des cellules intercalaires selon un schéma précédemment rappelé. Nous noterons cependant chez cette espèce que la cellule intercalaire a une longueur croissante au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'hyphe. Elle a jusqu'à 35 μ de long. Cette cellule a la même origine que la spore ; elle correspond à un pédicelle (même type de formation que chez les téléutospores).



FIG. 69. — *G. fuscum*. — Articulation des cellules du pseudopériidium.

Les écidiospores sont brun clair, finement verruqueuses, sphériques, ou ellipsoïdes, plus ou moins polygonales par compression à l'intérieur de l'écidie :

22-28 $\times$ 25-30 μ . Membrane 3,2-4 μ .
5 ou 6 pores et même jusqu'à 9.

b) Morphologie des hôtes

Les hôtes écidien de notre région sont d'une part le Poirier cultivé, d'autre part le *Pyrus amygdaliformis* spontané des garrigues.

Pyrus amygdaliformis Villars. — Poirier amandier. Arbre pouvant atteindre 4 à 5 m, à rameaux épineux, à jeunes pousses velues ; feuilles oblongues lancéolées tomenteuses dans leur jeunesse, glabres à la face supérieure ensuite ; fruit petit.

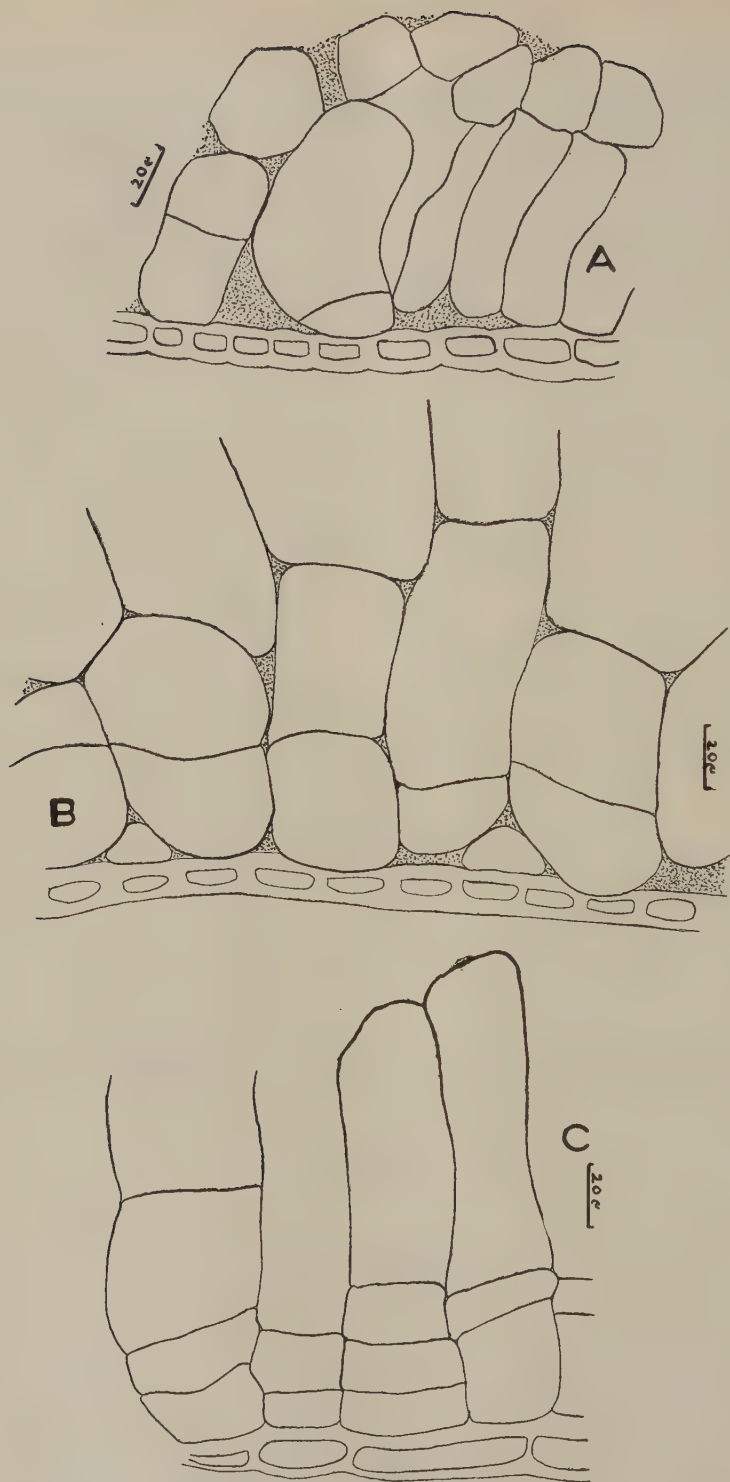


FIG. 70. — *G. fuscum*. — Formation de la tumeur chez *Pyrus amygdaliformis*. — A : Début de cloisonnement du tissu lacuneux ; B : Les lacunes sont réduites ; C : Plus de lacunes visibles — cloisonnement en surface.

Nos sujets d'expérimentation proviennent de semis de pépins prélevés dans les fruits récoltés au mois de septembre en garrigue. Les pépins ont été mis en stratification en cave du 31 Décembre au 31 Janvier. Semés en terrine à cette dernière date, la levée s'est effectuée dès le 18 mars à 50 p. 100. Les sujets repiqués en pots ou en pleine terre sont de belle venue ; d'autres sont la conséquence d'une disjonction et restent petits.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

Le stade écidien est fréquent surtout sur la feuille ; il se rencontre aussi sur les rameaux, les bourgeons et les fruits.

Feuille : L'incubation de la maladie se termine par l'apparition des spermogonies. Lorsque le mélange des thalles a été réalisé, le processus tumoral du tissu lacuneux est déclenché. La partie la plus interne de ce tissu reste en place et se trouve plus ou moins comprimée contre le tissu palissadique. L'autre partie se transforme. Sur la bordure des tumeurs on observe le passage du tissu sain au tissu pathologique (fig. 70).

Sur une jeune tumeur, entre deux ébauches d'écidies on voit un allongement de cellules plaquées les unes contre les autres, donnant une allure de palissadique, mais à cellules bien plus grande ($60 \times 25 \mu$ contre $48 \times 8 \mu$ pour le palissadique vrai). Les cellules du tissu pseudopalissadique se cloisonnent tangentiellement. En même temps, l'épiderme s'écrase et la surface de la tumeur se subérise.

Au niveau des nervures il n'y a pas d'élongation ni de cloisonnement. En effet, le tissu lacuneux est remplacé par des fibres scléreuses que le mycelium ne peut différencier. Dans d'autres espèces de *G.* la tumeur (moins volumineuse) se développe au niveau des nervures. Chez le Poirier, parfois au niveau des nervures secondaires il peut y avoir formation de tumeur.

Enfin la tumeur peut apparaître à la face supérieure des feuilles ; dans ce cas elle n'a pas son origine dans le tissu lacuneux, mais dans le tissu palissadique. Ces tumeurs sont peu volumineuses et ne contiennent pas d'écidies. PEGLION de son côté n'avait jamais vu d'écidies dans les réactions au niveau des nervures.

Toutes les cellules du tissu pathologique de la tumeur sont gorgées d'amidon. L'amidon manque dans les tumeurs jeunes. Les cristaux d'oxalate sont localisés au voisinage du tissu palissadique normal.

Tige : Les attaques sur tige ne sont pas très fréquentes sauf en années particulièrement favorables à la pénétration du parasite. Des tumeurs se forment cependant sur les rameaux de l'année. Elles sont dûes à la modification des tissus de l'écorce sous l'action du champignon : le collen-

chyme cortical est envahi ; il est modifié et se transforme dans sa portion externe en tissu pathologique plus ou moins hypertrophié et hyperplasié, dont les éléments sont dissociés par le mycélium. A l'intérieur de ce tissu se développent les écidies.

Le péricycle, normalement formé d'un anneau complet de fibres scléreuses est ici réduit à quelques îlots. La couronne ligneuse est irrégulière par suite de l'irrégularité de fonctionnement du cambium.

Un liège se forme en surface de la tumeur ; cependant des éclatements ont lieu sous la poussée des tissus néoformés et entraînent la mort du rameau dans la partie supérieure.

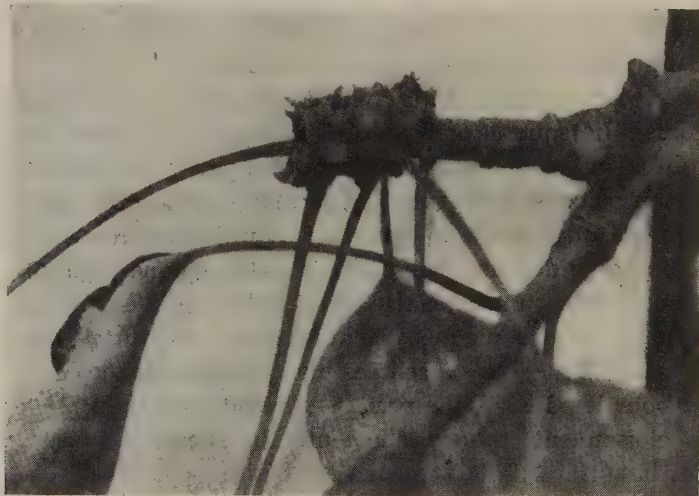


FIG. 71. — Tumeur écidienne de *G. fuscum* sur rameau et bourgeons de Poirier. On voit les pseudopéridium qui pointent — octobre 1948.

Bourgeons : Des attaques peuvent avoir lieu sur les bourgeons au moment de leur épanouissement. Les feuilles qui en naissent sont tuées et les bourgeons de la lambourde sont aussi rapidement tués ; il se crée un chancre à ce niveau sur le rameau. Il n'y a pas conservation du champignon à l'intérieur du rameau. En effet, nous avons pu observer de telles attaques et suivre leur évolution. Il n'y a pas eu progression du mycélium vers des bourgeons voisins. Il y a eu mort de la partie envahie et mort du parasite.

Fruits : Ils peuvent être envahis seulement à l'état jeune dans notre région. Ils restent petits, déformés et tombent très tôt.

PHYSIOLOGIE. — *Action du parasite sur la feuille* : Sur Poirier cultivé var. Beurré Giffard, les feuilles atteintes tombent avant le développement complet de la tumeur. Sur la var. Doyenné du Comice cette chute n'a pas lieu.

Sur *Pyrus amygdaliformis* le parasitisme amène la conservation des feuilles sur l'arbre. En effet, nous avons pu constater dans une même station que des pieds non parasités étaient défeuillés par la sécheresse, alors que d'autres voisins et du même âge mais parasités avaient conservé leurs feuilles. On constate même que seules restent sur l'arbre en fin de saison les feuilles porteuses de tumeurs. Il est vraisemblable que le mécanisme de chute de la feuille est inhibé par la présence du champignon.

Une importante attaque sur les feuilles réduit la surface de photosynthèse, surtout grave en cas d'un fort pourcentage d'organes parasités.

Action du parasite sur les rameaux : L'attaque des rameaux (fig. 71) entraîne plus ou moins rapidement la mort de la partie située au-dessus du point d'attaque. Les bourgeons sont tués et la nécrose gagne une portion importante du rameau, crée un chancre qui devient la porte ouverte à de nombreux parasites.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

L'infection a lieu dans les 2^e et 3^e décades d'Avril et, après une incubation moyenne de 15 à 25 jours, on voit apparaître sur les organes parasités les taches porteuses de spermogonies.

15 à 30 jours plus tard (15 Mai-15 Juin) la tumeur est déclenchée et elle se développe lentement jusqu'au mois de Septembre ou Octobre. Vers le 10 Septembre apparaissent les pseudopériidium et à partir du 15 Septembre les écidies sont mûres. Ces observations sont celles de 1954, année caractérisée par un été humide et frais. Nos observations antérieures nous donnent un cycle plus long : écidies mûres seulement en Octobre. Il y a vraisemblablement là une action de la température et de l'ensoleillement, le champignon étant en vie ralentie par un été chaud et sec. Les observations de 1954 se rapprochent en effet de celles faites par certains auteurs (FISCHER, 1891, KLEBAHN, 1892 b, TUBEUF, 1893) qui ont étudié ce parasite hors de la zone de climat méditerranéen.

Dans les tumeurs foliaires la production d'écidies est continue ; les écidies naissent dans la profondeur de la tumeur près du tissu lacuneux restant et au fur et à mesure qu'elle mûrit la tumeur repousse les écidies pendant que de nouvelles se forment en profondeur.

b) Biologie des hôtes écidieus

1^o *Pyrus communis* L. Poirier. Rarement planté en grands vergers dans la région qui nous intéresse. Très exigeant au point de vue du sol (sol riche, profond et frais), il redoute les sols secs calcaires. Les variétés



FIG. 71 bis. — Stades-repères de *Pyrus communis* (d'après FLECKINGER).

que nous avons utilisées sont Doyenné du Comice et Beurré Giffard, toutes deux sensibles à la tavelure ⁽¹⁾. Ainsi que nous l'avons dit ailleurs (1946) les trente Poiriers qui ont servi à nos expérimentations ont été plantés en 1941. Ils sont greffés sur Cognassiers.

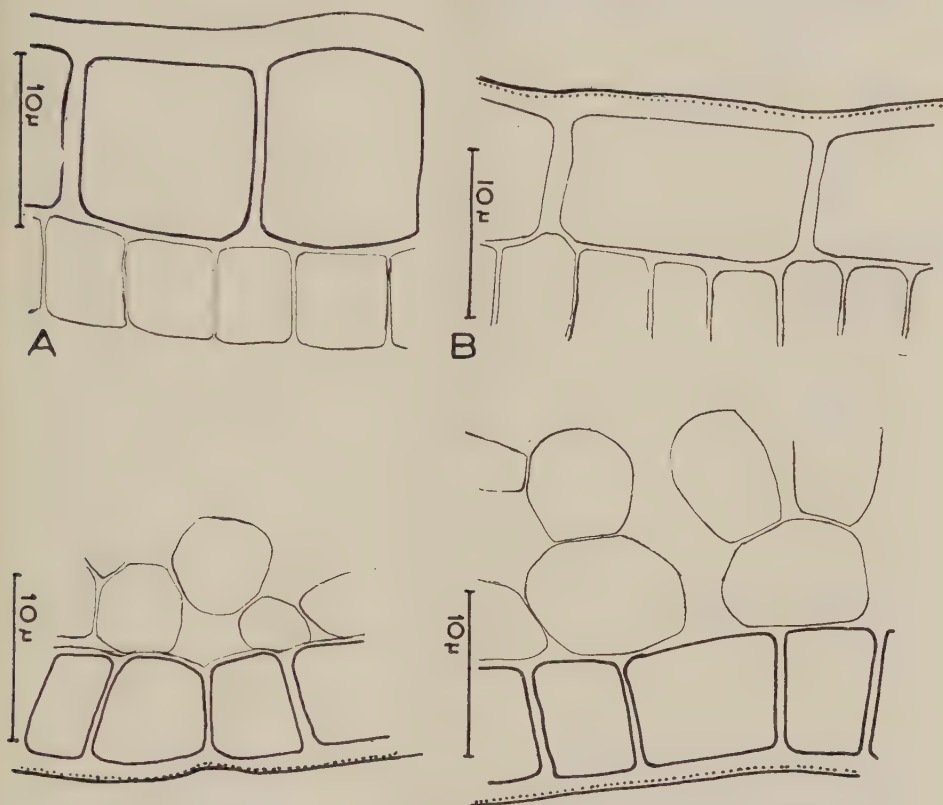


FIG. 72. — *Pyrus communis*. — Développement de la cuticule. — A : feuille à peine ouverte : cuticule face inférieure ; B : feuille étalée : cuticule sur les deux faces.

Phénologie : (fig. 71 bis).

	D. du Comice	Beurré Giffard
O. Bourgeon dormant		
A. Gonflement	20 février	28 février
B. Rupture	12 mars	12 mars
C. Éclatement (début)	20 mars	19 mars
C ₃ Éclatement général	21 mars	21 mars
D. Bouton vert	27 mars	24 mars
E. Apparition des pétales	1 ^{er} -4 avril	27 mars
F. Floraison	3-7 avril	2-6 avril
G. Chute des pétales	10-13 avril	14 avril
H. Nouaison	16 avril	20 avril
I. Maturité	15 octobre	15 juillet
J. Chute des feuilles	15 novembre	15 novembre

⁽¹⁾ Nous précisons ici ce caractère en raison des moyens de lutte communs à la tavelure et aux rouilles que l'on pourrait appliquer.

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule (fig. 72)

Selon la méthode que nous avons précédemment utilisée, des coupes nous ont permis d'observer que :

— à la face supérieure : la cuticule se forme tôt ; elle est plus développée chez la variété Doyenné du Comice que chez Beurré Giffard ;

— à la face inférieure : la cutinisation est plus précoce.

	Doyenné du Comice				Beurré Giffard			
	Face sup.		Face inf.		Face sup.		Face inf.	
	épid.	cutic.	épid.	cutic.	épid.	cutic.	épid.	cutic.
3 avril. Feuille à peine déroul.	10 μ	0,1	8,5	0,3	10	—	7	0,3
3 avril. Feuille déroulée	13	0,3	8,5	0,5	12	0,3	9	0,3
29 mai	18	1	9	1,5	14	3	9	1

La cutinisation débute au niveau des poils et des stomates.

Non seulement l'épaisseur elle-même de la cuticule joue un rôle, mais

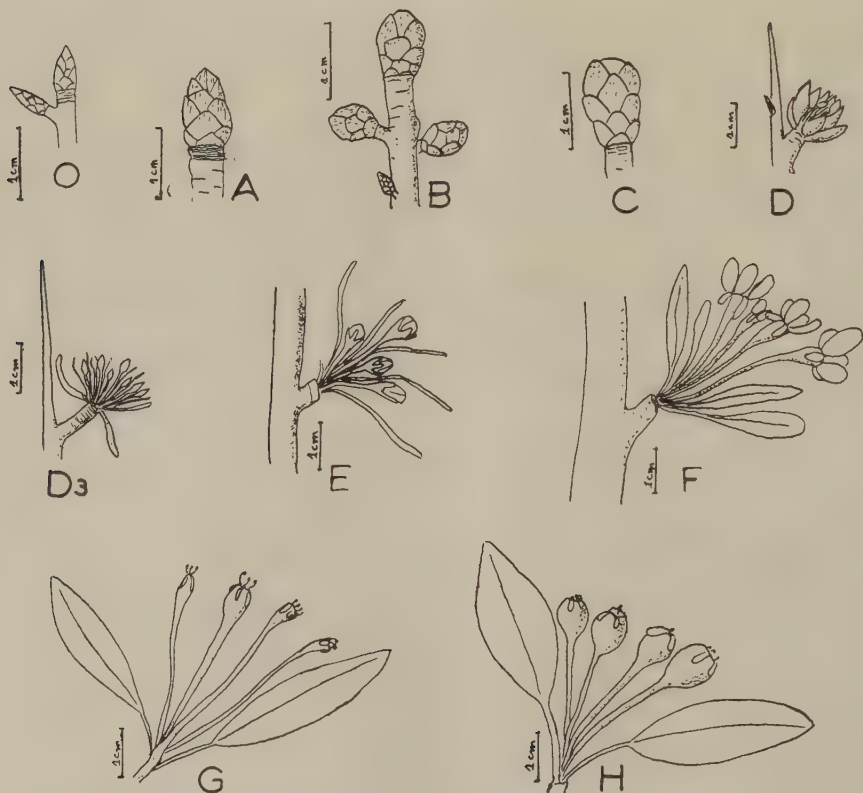


FIG. 73 — Stades-repères du bouton à fleurs du *Pyrus amygdaliformis*.

sa différenciation chimique qui ressort par la coloration plus forte au fur et à mesure de son dépôt a un rôle primordial.

2° *Pyrus amygdaliformis* Vill. C'est une espèce strictement méditerranéenne dont l'extension a été précisée par BREISTOFFER (1952) :

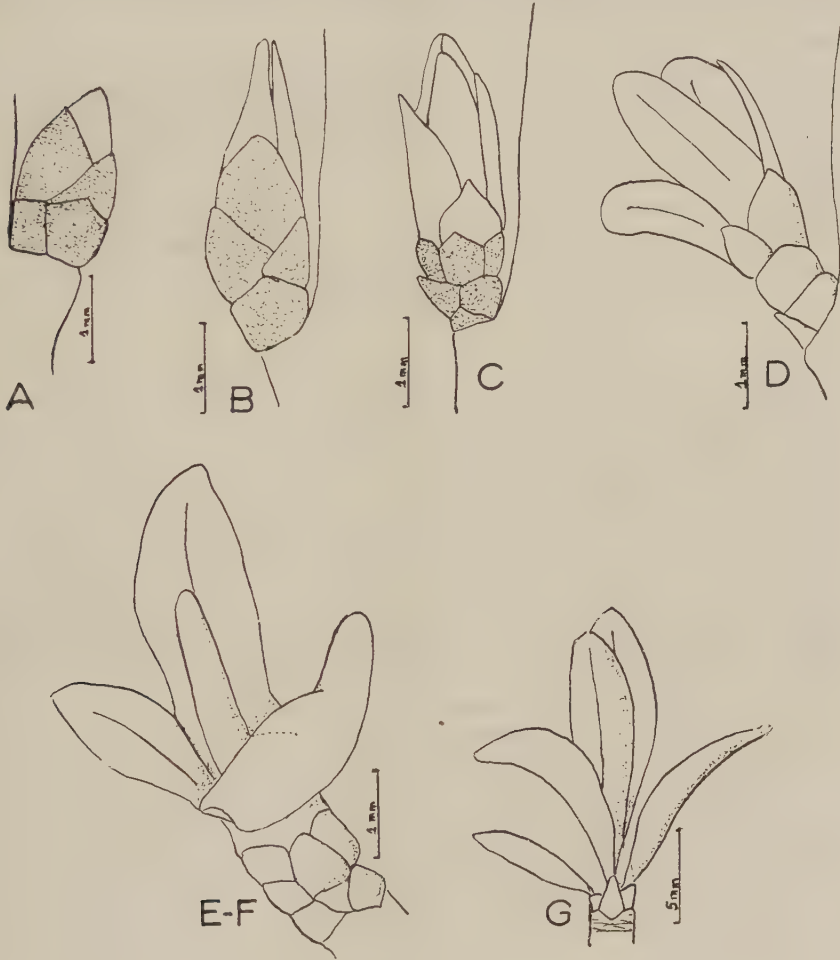


FIG. 74. — Evolution des dards de *Pyrus amygdaliformis*. —
A : fin février ; B : début mars ; C : fin mars ; D : 1^{er} avril ; E-F : 4 avril ; G : 10 avril.

Ardèche, Berrias, Vogué, Viviers sur Rhône ; Drôme : Suze-la-Rousse, Nyons ; Tarn ; Aveyron ; Basses-Alpes ; Hautes-Alpes (Gap).

Espagne, Grèce, Cyclades, Crète, Carpathes, Thrace, Bulgarie, Crimée (très rare), Italie, Anatolie.

Il est très répandu dans la garrigue montpelliéraine. On le trouve associé à *Paliurus spina-christi* Mill. (= *P. australis* Gaertn.) dans les ravins. Ces deux arbustes jalonnent les cours d'eau temporaires et les

pentés à circulation d'eau souterraine (KUHNHOLTZ-LORDAT, 1932, 1954). Le *Pyrus amygdaliformis* remonte plus haut dans le thalweg et jalonne le cône de réception. Son appareil radicaire est puissant.

Nous l'avons relevé entre autres dans les clairières du Bois de Fontfroide, mais il est toujours localisé le long des ravinements. Il sort rarement de la région de l'Olivier ; son aire d'extension correspond à celle du *Juniperus oxycedrus*.

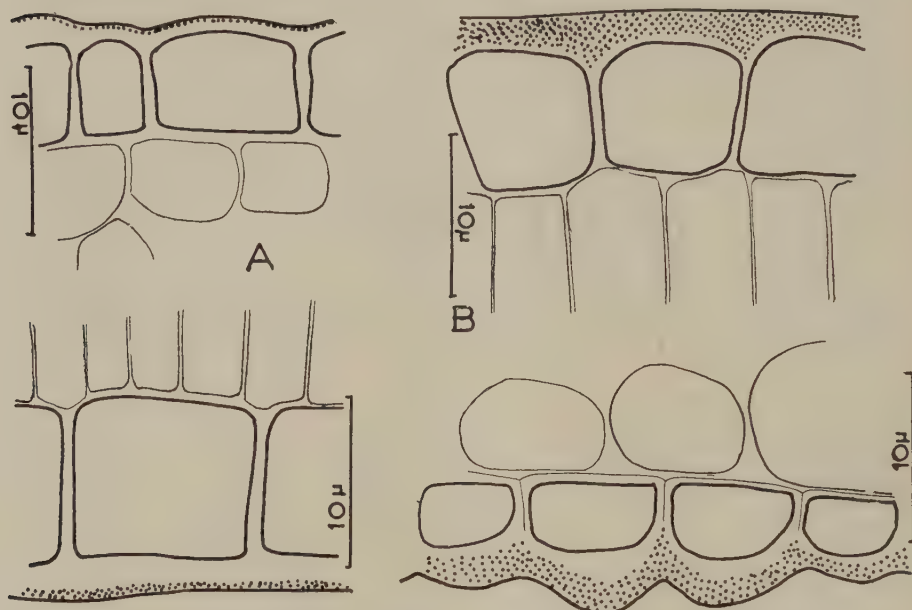


FIG. 75. — *Pyrus amygdaliformis* — Evolution de la cuticule. —
A : 3 avril, feuille étalée ; cuticule sur les 2 faces ; B : 29 mai, cuticule très épaisse.

La mise à fruits est tardive ; de nombreux sujets âgés de la garrigue ne sont pas à fruits ; aussi pour l'étude phénologique (fig. 73-74) nous avons mis en parallèle l'évolution des boutons à fleurs et celle des dards avec une désignation correspondante. L'évolution des dards, ainsi qu'elle ressort du tableau ci-dessous est beaucoup plus tardive même sur les sujets à fleurs.

	Bouton à fleurs	Dard
O. Bourgeon dormant.....		
A. Gonflement	5-20 février	25-28 février
B. Rupture	25 février	7-20 mars
C. Éclatement	8-12 mars	25 mars
D. Bouton vert	13-16 mars	25-mars-1 ^{er} avril
E. Apparition des pétales	21-27 mars	2-4 avril
F. Floraison	25 mars-7 avril	
G. Chute des pétales	1 ^{er} -10 avril	
H. Nouaison	13 avril	
I. Maturité	10 septembre	
J. Chute des feuilles	15 novembre	15 novembre

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule (fig. 75)

La feuille pliée dans le bourgeons n'a pas de cuticule. Dès l'ouverture de la feuille la cutine commence à se déposer et la cuticule s'épaissit rapidement .

	Face sup.		Face inf.	
	Épid.	Cutic.	Épid.	Cutic.
3 Avril — Feuille pliée.....	13 μ	—	8	—
3 Avril — Feuille ouverte.....	13	0,3	8	0,3
3 Avril — Feuille étalée.....	13	0,6	8	0,6
29 Mai.....	13	1,5	8	2
4 Octobre.....	15	4	8	3

c) Influence de quelques facteurs naturels sur l'évolution du parasite

1^o DISTANCE. — La distance entre les deux hôtes intervient en premier lieu ; plusieurs travaux ont eu pour objet de déterminer les distances de propagation du *G. fuscum*. C'est d'abord le voisinage immédiat qui a orienté EUDES-DESLONGCHAMPS et OERSTED vers la possibilité du cycle hétéroïque. EUDES-DESLONGCHAMPS (1837) a constaté qu'à 200 pas l'attaque de rouille est moins forte qu'au voisinage du Genévrier. BREMER (1951) a étudié les possibilités de dissémination et conclut, d'après des exemples précis, à une distance possible de 5-6 km entre les deux hôtes. Cependant il considère qu'une forte attaque a lieu dans un rayon de 200 m. Pour *G. juniperi-virginianae*, qui attaque les Pommiers en Amérique, REED et CRABILL considèrent la distance de 3 km comme normale ; GIDDINGS et BERG (1914) parlent de 1 km. Pour GÄUMANN il faut une proximité de 100 m. H. FISCHER (1949) estime négligeable la transmission de la rouille au-delà de 200-300 m. MacLACHLAN (1935) considère que l'infection des Pommiers par *G. juniperi-virginianae* peut encore avoir lieu à 12 km. STAEHELIN et WUGLER (1948) ont chiffré l'infection à différentes distances :

Voisinage immédiat.....	950 feuilles sur 1 000
A 50 m de la source d'infection.....	100 — —
A 200 m — —	20 à 30 — —
A 1 000 m — —	2 — —

Nos observations nous montrent en effet qu'une attaque grave n'a lieu qu'en cas de voisinage immédiat et que, en s'éloignant du foyer, les possibilités d'infection diminuent. Cependant les hôtes téliens *J. phoenicea* et surtout *J. oxycedrus* sont si abondants dans notre région qu'il est difficile d'estimer les distances de propagation. De plus les vents dominants importants, principalement ceux qui soufflent lors des périodes pluvieuses correspondent aux pluies des périodes d'infection.

Quant à la dissémination par les courants aériens à haute altitude, elle a certainement lieu ; cependant la faible vitalité des basidiospores ne leur permet pas de conserver leur pouvoir germinatif ; de plus, les pressions atmosphériques de ces couches nuisent aussi à une dissémination efficace.

2° INFLUENCES CLIMATIQUES. — Nous les groupons en un seul paragraphe, en raison de leur intrication naturelle. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, une année à Été humide et frais telle que 1954 a favorisé la maladie et a amené un raccourcissement de l'ensemble du cycle écidien (écidies mures dès le 15 septembre ; en année normale maturité 5-15 Octobre).

D'autre part l'incubation est beaucoup plus longue (20-30 jours) au début de la période d'infection qu'à la fin (15-18 jours dans la 3^e décade d'Avril). Nous attribuons ces différences aux variations de température de ces périodes.

MAIRE, DUMÉE et LUTZ (1903) observent les écidies en octobre, en Corse.

VIENNOT-BOURGIN (1933) observe les écidies le 12 Octobre 1932 sur Poirier en Seine-et-Oise.

SAVULESCU (Tr. et O.) (1941) observent les écidies en septembre en Roumanie.

Ces récoltes en Corse, Seine-et-Oise, concordent avec les nôtres. En Roumanie les écidies apparaissent plus tôt.

Les influences des autres facteurs (action du vent sur la dispersion, action de l'humidité sur la formation des gouttelettes de nectar, et sur les mouvements du pseudopéridium) se retrouvent pour cette espèce.

3° INFLUENCES PHÉNOLOGIQUES. — CIFERRI (1945) remarque que les feuilles jeunes sont très sensibles, alors que les feuilles âgées le sont moins, et qu'une blessure est souvent nécessaire à la pénétration du champignon.

Nous avons également constaté d'après nos inoculations que les feuilles jeunes (à cuticule non épaissie) étaient beaucoup plus sensibles. Dès que la cuticule atteint une épaisseur de 0,5 μ sur une feuille étalée (début Mai), elle est à l'abri de toute pénétration du parasite. Cependant le bord des feuilles reste encore un point de moindre résistance sur les feuilles âgées, ce qui favorise la localisation des infections tardives en ces points.

GÄUMANN (1950) constate que certaines variétés de *Pyrus*, greffées sur Cognassier tendent à devenir chlorotiques et par suite immunes à *G. fuscum*. Nous avons constaté de tels faits sur nos Poiriers en expérimentation greffés sur Cognassiers et plantés en sol calcaire.

4° ANIMAUX. — De nombreux insectes visitent les taches couvertes de spermogonies et sucent les gouttelettes de nectar.

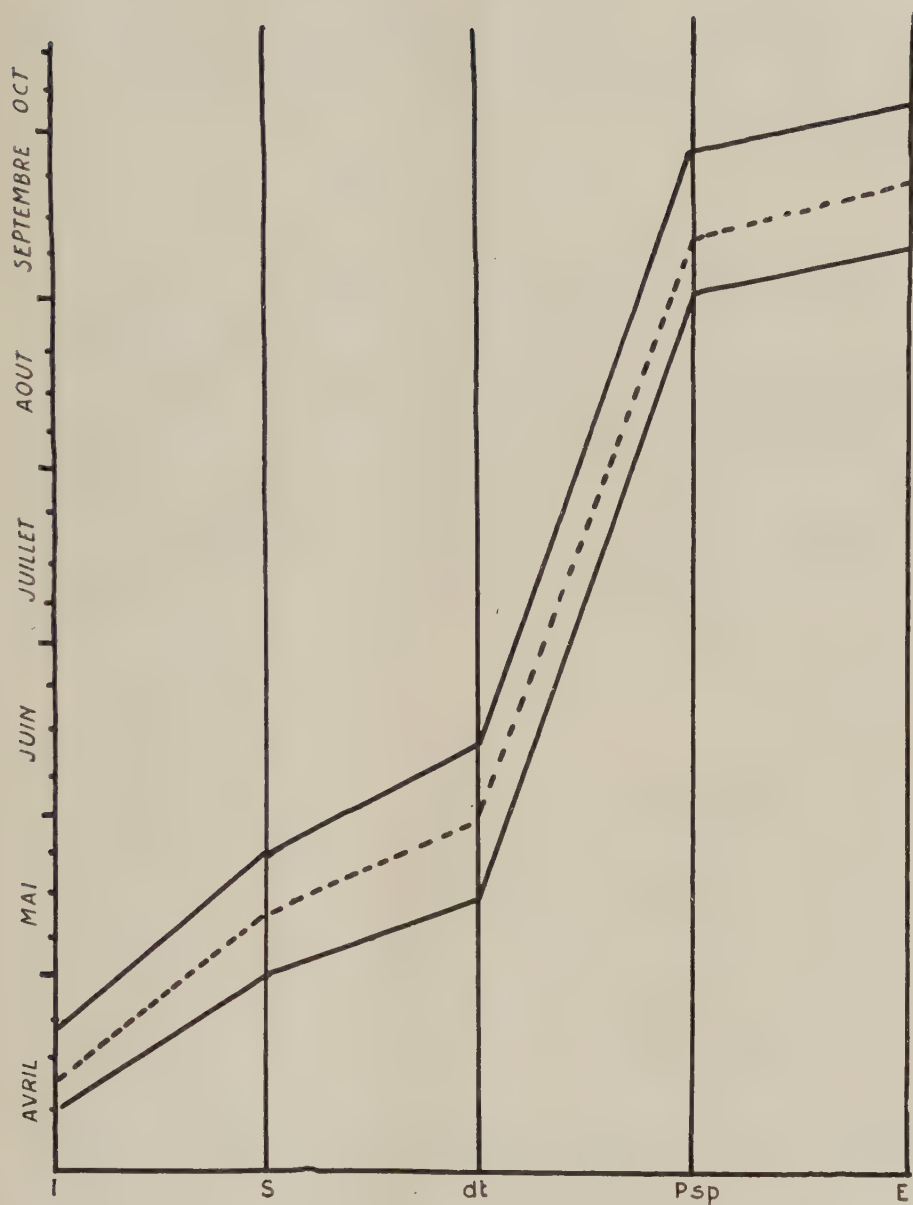


TABLEAU J

Evolution de la phase écidienne de G. fuscum ;

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopériidium ;
E, émission des écidiospores.

Les escargots broutent les tumeurs foliaires bourrées d'amidon.

5° PARASITES. — *Tuberculina persicina* (Ditm.) Sacc. parasite fréquemment les écidies et empêche l'émission des écidiospores ; l'infection a lieu dès l'apparition du pseudopériidium, c'est-à-dire dès qu'il y a une porte d'entrée.

IV. — CONCLUSIONS

Le *G. fuscum* a, comparativement aux autres espèces, un cycle beaucoup plus allongé.

La formation des téliospires est plus tardive, et leur maturité décalée par rapport aux autres espèces. Quant au stade écidien son développement complet jusqu'à la maturité des écidies est plus long.

Si nous représentons par une courbe (tableau J) l'évolution de ces stades, l'allure de cette courbe est spéciale ; elle présente en effet une inflexion entre l'axe des S et celui de dt , avant de présenter une section très allongée correspondant au développement de la tumeur.

Il y a parallélisme entre les courbes de la période de début d'infection et celles de la fin.

CHAPITRE IV

GYMNOSPORANGIUM CLAVARIAEFORME (Jacq.) DC.

I. — HISTORIQUE

C'est la première espèce d'Urédinée qui ait été décrite et dessinée (MALPIGHI, 1675). C'est aussi pour dénommer son stade télien que MICHELI (1729) a créé le genre *Puccinia* : *P. non ramosa*.

Cette espèce provoque sur les rameaux de *Juniperus communis* une déformation fusiforme et sur les Rosacées des tumeurs écidiennees à pseudopériidium caractéristique. Elle est très abondante en Europe et répandue dans la zone tempérée ; elle a été l'objet de nombreuses études et d'un recensement poussé.

JACQUIN (1788) dans ses Collect. ad Bot. dénomme ce champignon *Tremella clavariiformis*.

De CANDOLLE (1815) décrit *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. et met en synonymie *T. clavariiformis* Jacq. ; par ailleurs il décrit *Aecidium laceratum* sur *Malus* et *Crataegus*.

OERSTED (1867), le premier, a montré les rapports entre *Roestelia lacerata* Sow. et la forme télienne.

CORNU (1878) réalise des inoculations de *Crataegus oxyacantha* avec des exemplaires prélevés sur *J. oxycedrus* aux environs de Montpellier.

RATHAY (1880) établit aussi les relations entre *Roestelia lacerata* et *Podisoma clavariaeforme*, et reconnaît comme hôtes : *Crataegus oxyacantha*, *Cr. monogyna*, *Pyrus*, *Sorbus torminalis*. De plus, il constate la précocité de *Podisoma clavariaeforme* par rapport à *P. sabinae*.

FARLOW (1880) précise la position relative des deux types de téliosporos : spores externes trapues colorées et spores internes très allongées et claires. Aux États-Unis d'Amérique, cette espèce est rare et ne se présente que sur tige alors qu'en Europe elle est signalée sur feuilles.

FLOWRIGHT (1887) reprend les inoculations sur *Crataegus oxyacantha* ce qui lui permet de dresser un tableau sur la durée d'incubation d'où nous pouvons tirer la conclusion suivante : l'incubation est plus longue au mois d'Avril (16-18 jours) qu'au mois de Mai (10-13 jours). Ceci est, à notre avis, en relation avec la température. FLOWRIGHT a réussi à inoculer le Poirier. D'autre part il a réalisé l'infection de *J. communis* avec les écidiospores de *Roestelia lacerata*. La tumeur télienne se forme dans l'année en cours ; la formation des sores a lieu un an plus tard.

THAXTER (1887-1889) obtient la forme *Roestelia lacerata* sur *Crataegus tomentosa*.

TUBEUF (1891) inocule *Cr. oxyacantha*, *Cr. grandiflorus*, *Cr. sanguinea*, *Cr. nigra*. Par contre il n'obtient que des spermogonies sur *Cydonia*, *Pyrus aucuparia* et quelques écidies sur *Pyrus latifolia*.

PEYRITSCH (in TUBEUF) infecte *Cydonia*, *Crataegus nigra*, *Cr. Douglasii* et *Pyrus communis*.

WAKKER (1892) étudie les modifications anatomiques provoquées sur l'Aubépine : liège, collenchyme, sclérenchyme et chlorophylle ne sont pas formés. La lignification des rayons médullaires ne se poursuit pas et il y a quelques espaces intercellulaires. Le cambium interfasciculaire ne se forme pas. Les cellules parenchymateuses sont hypertrophiées radiairement. Dans les tissus ainsi déformés l'amidon est très abondant ; par contre l'accumulation d'oxalate de calcium est moins importante.

WOERNLE (1894) s'attache à la déformation provoquée par le parasite sur Genévrier. Une croissance accrue a lieu dans le bois, le liber et l'écorce. Dans les rameaux faibles le bois augmente moins que les autres parties. L'augmentation est surtout sensible dans le liber. Cette croissance anormale absorbe l'eau apportée au point que la partie supérieure de la branche meurt et que les bourgeons dormants (au niveau de la tumeur) entrent en activité. L'augmentation de croissance favorise le nombre des rayons médullaires. Le parenchyme ligneux est abondant et de larges plages de parenchyme sont fréquentes dans le bois. Le liber est irrégulier ; les fibres restent à paroi mince et ne sont plus droites. Le mycelium envahit les espaces intercellulaires du liber et de l'écorce. Sous les cicatrices de chute des sores se forment des couches de liège qui ne sont pas traversées par de nouveaux sores.

PEGLION (1896) étudie les déformations sur *Crataegus oxyacantha*.

SAPPIN-THOUFFY (1896) caractérise le mycelium télien par ses filaments larges, ramifiés, à paroi épaisse et jaunâtre (caractère de mycelium vivace d'après De BARY). Il n'a pas retrouvé ce caractère chez les autres espèces vivaces. En outre, il compte quatre chromosomes chez cette espèce.

GENEAU DE LAMARLIÈRE (1898) étudie les modifications anatomiques produites par le stade *Roestelia*. Le champignon agit sur des tissus homologues dans les divers organes. L'attaque du parasite produit un arrêt dans la différenciation des éléments : tissus protecteurs mal développés, tissus conducteurs peu développés, tissus de soutien transformés en tissus nutritifs (parenchymes hypertrophiés devenant bourrés de réserves) ; l'écorce et le tissu lacuneux sont hypertrophiés. Le mycelium intercellulaire est surtout localisé dans le péricycle et le liber. En 1905 ce même auteur s'attache à préciser les répercussions anatomiques du *G. clavariaeforme* sur la tige de *J. communis*. Il constate une hypertrophie et une déformation importante des parenchymes moins nette dans le bois secondaire ; les tissus de soutien sont peu diminués, les tissus pro-

TECTEURS sont normaux ; quant aux tissus sécréteurs leurs modifications sont variables ; il observe enfin des filaments myceliens dans le liber secondaire.

En conclusion GENEAU de LAMARLIÈRE compare l'action du mycelium des deux générations : l'un vivace polycarpique, l'autre annuel monocarpique.

FISCHER (1898-1904) rassemble les données biologiques sur le développement de cette espèce et la compare avec *G. confusum*, *G. sabinae* et *G. juniperinum*.

ARTHUR (1908-1915) réalise le cycle entre les hôtes : *J. sibirica* et *Malus*, *Amelanchier erecta* et *Crataegus cerronis*.

KERN (1911) met en synonymie de *G. clavariaeforme* : *G. gracile* et *G. oxycedri*.

SYDOW (1915) met aussi *G. gracile* en synonymie.

Ainsi que nous l'avons déjà dit au chapitre I, MAIRE (1917) apporte la distinction importante entre *G. clavariaeforme* et *G. gracile*. Cette dernière espèce étant caractérisée par la formation d'un balai de sorcière sur *J. oxycedrus* alors que *G. clavariaeforme* provoque un fuseau sur les rameaux de *J. communis*. Cette manière de voir est par la suite adoptée par FISCHER et tous les autres mycologues contemporains.

ERIKSSON (1919) considère qu'il existe trois races dans cette espèce :

1^o f. *crataegi* sur *Crataegus* spp., qui infecte faiblement *Cydonia*, *Pyrus communis*, *Amelanchier* ;

2^o f. *pyri-communis* sur *Pyrus communis* et qui attaque plus difficilement *Crataegus*, *Cydonia* et *Amelanchier* ;

3^o f. *amelanchieris* sur *Amelanchier* spp. et qui peut attaquer les *Crataegus*.

MONTEMARTINI (1920) décrit une forme *longissima* sur *Cr. oxyacantha* qui est par la suite mise en synonymie.

ARNAUD (1923) : le cycle méridional est :

J. communis, *Cr. monogyna*, les autres hôtes étant absents.

FRAGOSO (1924) met *G. oxycedri* en synonymie de *G. clavariaeforme*.

ARNAUD (1931) d'après les observations antérieures cite les téléospores sur *J. communis*, *oxycedrus*, *nana*, les écidies se trouvant sur *Cydonia*, *Cr. monogyna*, *Cr. oxyacantha*, *Cotoneaster*, *Amelanchier* et rarement le Poirier.

GONCALVES DA CUNHA (1936) met aussi *G. oxycedri* en synonymie.

JORSTAD (1938) observe la localisation de cette espèce en Norvège sur les Poires et divers *Crataegus*. Les écidies sont mûres du 19 Juin au 28 Août.

VIENNOT-BOURGIN (1949) résume les observations des auteurs qui ont étudié cette espèce et donne les différents hôtes reconnus.

Enfin de nombreux autres auteurs citent le *G. clavariaeforme* dans

leurs récoltes ; nous allons utiliser leurs renseignements pour établir la répartition de cette espèce.

Répartition

G. clavariaeforme est répandu dans toute la zone tempérée où se rencontrent ses hôtes. Connu tout d'abord en Europe, il a été par la suite trouvé en Amérique du Nord, puis en Asie. CROWELL (1940) fait de *G. clavariaeforme* une grande espèce tricontinentale (fig. 75 bis).



FIG. 75 bis. — Carte de répartition de *G. clavariaeforme*.

En France il existe partout où existe *J. communis*. Nous avons en particulier relevé les stations suivantes :

Champagne : MAURY ;

Auvergne : HARIOT, BREVIÈRE, RAYSS, GUFFROY ;

Aquitaine : MAYOR, DUPIAS, BIER ;

Charente-Inférieure : Société des Sciences Naturelles ;

Alpes : HEIM, MAYOR.

Région méditerranéenne :

Alpes Maritimes et Basses Alpes : GUYOT ;

Corse : HARIOT, MAIRE et al., MAYOR et VIENNOT-BOURGIN ;

Vaucluse : LAGARDE (Ventoux) ;

Gard : ARNAUD, FISCHER ;

Aude : DUPIAS ;

Pyrénées Orientales : Herb. ROUMEGUERE (1879, n° 749), DUPIAS, NICOLAS et AGGERY ;

Hérault : CORNU (1878) a réalisé des inoculations avec des échantillons de *Podisoma clavariaeforme* sur *J. oxycedrus* des environs de Montpellier (à Launac près de Fabrègues).

CELOTTI (1887) cite cette espèce sur *Cr. oxyacantha* et *Cr. azarolus*.

BOYER et JACZEWSKI (1894) signalent cette espèce aux environs de Montpellier sur *Crataegus* et sur *J. communis* à Montarnaud et Saint-Martin-de-Londres.

LAGERHEIM (1899) le cite sur *Cydonia* à Montpellier et dans l'ouest du département à Saint-Chinian et Pardailhan.

MAYOR (1949) le signale dans les environs immédiats de Montpellier sur *Cr. oxyacantha* et *J. oxycedrus*.

Nous avons, pour notre part, prospecté les environs de Montpellier. Cette espèce y est peu fréquente. Nous ne l'avons, en effet, trouvée qu'à Grabels sur *J. communis* où il n'existe qu'en faible quantité mais nous avons pu y suivre son développement. Plus au nord, au-delà de Saint-Martin-de-Londres, *J. communis* devient plus abondant et par suite *G. clavariaeforme* est aussi plus fréquent.

II. — LE CHAMPIGNON

1^o Synonymie

Connu depuis longtemps et de plusieurs régions différentes ce Gymnosporangium a reçu de nombreuses dénominations parmi lesquelles nous relevons :

Puccinia non ramosa MICHELI, 1729 ;

Tremella clavariaeformis Jacq., 1788 ;

Gymnosporangium clavariaeforme (Jacq.) DC, 1805.

Plusieurs auteurs avaient mis en synonymie les espèces suivantes : *G. gracile* Pat., *G. oxycedri* Bres., *G. orientale* Syd ;

Aecidium laceratum Sow. 1801 ;

Roestelia lacerata (Sow.) Fr. 1849.

2^o Cycle

OERSTED (1867) le premier a réussi à inoculer *Cr. oxyacantha*. Par la suite de nombreux chercheurs ont réalisé de nombreux essais que nous résumons ci-dessous :

Juniperus : communis, oxycedrus, sibirica ;

Rosacées :

Crataegus oxyacantha, *monogyna*, *tomentosa*, *sanguinea*, *nigra*,
azarolus...

Pyrus communis ;

Sorbus torminalis, *aucuparia*, *latifolia*, *aria* ;

Amelanchier canadensis, *ovalis* ;

Cydonia ;

Mespilus ;

Malus.

Nos inoculations nous ont donné les résultats suivants :

<i>Cydonia</i>	> 0
<i>Crataegus monogyna</i>	> 0
<i>Amelanchier ovalis</i>	> 0
<i>Pyrus communis</i>	< 0
<i>Pyrus amygdaliformis</i>	< 0
<i>Crataegus rusciniensis</i>	< 0
<i>Malus communis</i>	< 0
<i>Sorbus domestica</i>	< 0

III. — ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLOTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° SYMPTOMES. — La déformation des rameaux de Genévrier est fusiforme ; elle peut atteindre 8-10 cm selon sa position sur le rameau (fig. 76).

2° SORES. — Sur la tumeur se forme un grand nombre de languettes orangées de 3-4 mm de long à l'état sec et 10-13 ($\rightarrow$ 15) $\times$ 2-3 mm lorsqu'elles sont gonflées par l'eau.

3° TÉLIOSPORES. — Elles sont de deux types (fig. 77-78) :

— Spores à membrane épaisse et colorée situées à la périphérie du sore : 76-86 $\times$ 13-17 μ ; membrane 2,5 μ .

La cellule supérieure de ces spores est arrondie et plus courte que la cellule inférieure d'au moins 10 μ .

Cellule supérieure	34,5	34	37
Cellule inférieure	44,5	45	49
	79	79	86

— Spores allongées fusiformes à membrane mince situées à l'intérieur du sore :

80-105 $\times$ 13-15 μ ; membrane 1,2 μ .

Les deux cellules sont égales et opposées par leur base.

Le pédicelle dans les deux cas est très allongé ; sa largeur est de $5\ \mu$; il est hyalin présentant parfois une lumière étroite au voisinage de la cellule inférieure de la spore.

Il existe un léger rétrécissement au niveau de la cloison.

Deux pores par cellule au niveau de la cloison.



FIG. 76. — *G. clavariaeforme* sur *Juniperus communis* :
Déformation volumineuse. Etat au 19 mars 1953.

4° BASIDES. — $77 \times 7,5\ \mu$;

Stérigmate $12 \times 5\ \mu$.

Basidiospore réniforme $12-14 \times 9,8-11\ \mu$.

b) Morphologie de l'hôte

Ainsi que nous l'avons dit nous n'avons rencontré le *G. clavariaeforme* dans les environs immédiats de Montpellier que sur *J. communis* et dans de rares stations.



FIG. 77. — *G. clavariiforme*. — A : télisporé à membrane épaisse
B : télisporé à membrane claire.

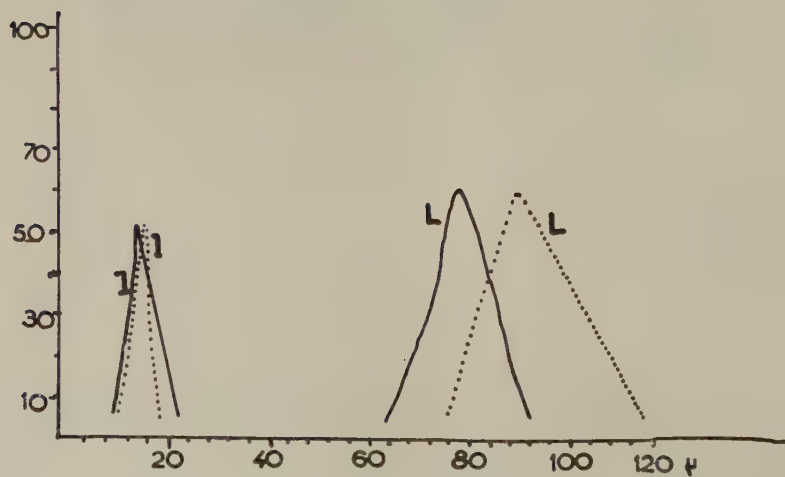


FIG. 78. — *G. clavariiforme*. — Longueurs (L) et largeurs (l) des télisporés à membrane épaisse (trait plein) et des télisporés à membrane mince (pointillé).

J. communis L. Genévrier commun.

C'est un arbuste dioïque à feuilles aciculaires, ternées, dont la face supérieure n'est pas divisée par une bande verte longitudinale. La floraison a lieu au début du printemps ; les baies sont mûres (bleu foncé) à l'automne de la deuxième année.

La dioécie nous a incité à rechercher s'il existait une relation entre elle et le parasitisme. Nous n'avons observé aucune différence dans ce sens, tous les pieds mâles ou femelles pouvant être parasités par divers *Gymnosporangium*.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du complexe hôte-parasite

1^o MORPHOLOGIE. — La déformation de la tige de Genévrier peut atteindre une longueur de 10-15 cm. Le diamètre du rameau est modifié et peut atteindre le double de la dimension normale.

Ces tuméfactions peuvent même être très volumineuses ainsi qu'on le voit sur la figure 76.

2^o ANATOMIE. — Les modifications anatomiques qui sont à l'origine de la déformation des rameaux de Genévrier ont été étudiées par WOERNLE (in TUBEUF), GENEAU de LAMARLIÈRE. Nous n'ajouterons rien à ce qui a été décrit par ces auteurs.

Les tissus qui sont à l'origine de l'hypertrophie sont :

— Le parenchyme cortical à éléments hypertrophiés, dissociés par le mycelium ; il s'exfolie avec l'âge avec formation d'un liège cicatriciel.

— Les éléments du liber plus nombreux et irréguliers sont dissociés par le mycelium intercellulaire ; ils sont pénétrés par les suçoirs. Les fibres libériennes ne sont pas pénétrées.

— Le bois n'est pas pénétré par le mycelium ; les anneaux annuels sont beaucoup plus larges que dans la tige normale (deux fois plus épais) ; ce qui indique une excitation à la croissance. Les éléments ligneux contiennent de nombreux rayons médullaires qui prouvent l'absence de la lignification à leur niveau sous l'influence du parasite.

La moelle est sclérifiée et non pénétrée par le mycelium, son complet développement étant généralement fini lors de l'infection.

GENEAU de LAMARLIÈRE décrit les dégâts sur feuilles de Genévrier. Nous n'avons pas eu l'occasion d'en observer.

3^o PHYSIOLOGIE. — Les bourgeons dormants peuvent éclater sur le fuseau mais la vie des rameaux qu'ils donnent est courte et l'on trouve de nombreux petits rameaux morts sur les cécidies. De plus, au-dessus ou au niveau d'une cécidie cet excès de ramification peut donner un aspect de petit balai de sorcière.

La durée d'un fuseau est longue ; elle dépasse une dizaine d'années. GENEAU de LAMARLIÈRE en cite même de 20 ans.

Enfin la partie du rameau située au-dessus du fuseau a sa floraison et sa fructification réduites et souvent même annihilées.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales du développement du parasite

C'est en moyenne vers le 20 Février que commencent à apparaître les boursouflures correspondant aux stromas sporifères sur les fuseaux. De même que l'a observé MAIRE (1906) nous n'avons pas vu de cellule-tampon chez cette espèce.

Du 5 au 10 Mars le liège éclate et les sores apparaissent et se développent rapidement puisque dès le 15 Mars ils ont atteint leur maturité et sont donc capables de gonfler ; les spores qui les constituent germent à ce moment-là. Plusieurs périodes de germination ont lieu en rapport avec les conditions météorologiques : pluie, température (fig. 79).

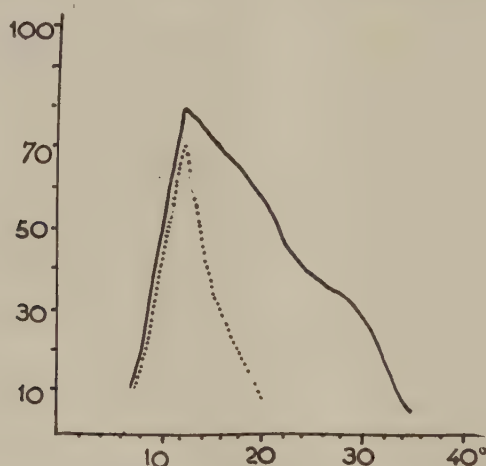


FIG. 79. — Courbes des températures de germination des télisporos (trait plein) et basidiosporos (pointillé).

Au début d'Avril la majorité des spores a germé et il ne reste plus de clavules organisées à la surface de la tumeur. Cependant, si les conditions ont été défavorables au développement (froid, sécheresse) les sores peuvent se conserver jusque vers le 20 Avril, date la plus extrême observée par nous.

Si nous comparons cette évolution avec celle donnée par les quelques auteurs qui l'ont étudiée nous constatons que dans nos régions nous sommes en concordance avec DUPIAS (1951) pour la région toulousaine.

Au contraire dans des régions à climat plus froid l'évolution est plus tardive ; c'est ainsi par exemple que HEIM (1927) relève des téléutospores en Mai à Briançon (1300 m d'altitude). TUBEUF (1891-1893) en Allemagne considère normale l'apparition des télïosores du début Avril à début Mai.

La germination des télïosores donne des basides, puis des basidio-spores qui germent immédiatement. Il y a un complexe météorologique qui influe sur la germination des spores et en même temps sur le développement des Rosacées.

b) Biologie de l'hôte télïen

Juniperus communis L. — Le comportement de cette espèce est mal connu en dépit des nombreuses discussions qu'elle a motivées (CAMUS, GUFFROY, HY, RUSSELL, COPPEY...). On le rencontre sur divers substrats, aussi bien calcaires que siliceux, secs ou humides (CARRIÈRE, 1867). C'est une espèce septentrionale qui, à sa limite méridionale ne peut vivre qu'en montagne (EMBERGER, 1938). D'après GAUSSEN (1952) il supporte un climat plus froid, plus humide et moins lumineux que *J. oxycedrus*.

On le trouve entre autres dans la sous-association à *Erica arborea* dans l'association du Pin sylvestre (constante non caractéristique), dans l'association des Graminées xérophiles sur calcaires (constante), dans le *Moliniëto-brachypodietum pinnati*, c'est-à-dire dans le Moliniëtum drainé (drainage indiqué par la présence de *Brachypodium pinnatum*) (BRAUN-BLANQUET, ALLORGE...).

Dans la région méridionale, les stations où nous l'avons rencontré appartiennent au *Querceto-buxetum* sous-association : *Corylo-buxetosum* (De B. P.) Br. Bl. où il existe comme compagne.

Plus au Nord, dans les Cévennes méridionales et sur le Causse du Larzac c'est une compagne de l'*Ericeto-genistetum microphyllae* Br. Bl.

Pour KUHNHOLTZ-LORDAT (1949) il appartient aux stades préforestiers de l'évolution de la végétation. Il se développe après les coupes de chênes verts et préfère les terres nues et meubles. Il repousse de souche après l'incendie (feu courant).

Il est rare dans la plaine méditerranéenne où il est remplacé par *J. oxycedrus*. Il monte jusqu'à l'Aigoual où il est commun dans la vallée jusqu'à 1 500 m (BRAUN-BLANQUET, 1933).

Sa faible abondance et son remplacement par le *J. oxycedrus* dans le Midi méditerranéen sont dus à ses exigences en humidité. Beaucoup moins abondant que le *J. oxycedrus* dans le Bas-Languedoc nous l'avons cependant observé dans plusieurs stations, mais il est rarement porteur de *G.* ; Grabels est la principale station de *J. communis* parasité par *G. clavariae-forme* et *G. tremelloïdes*.

PHÉNOLOGIE : FOEX et REY (1904) indiquent le début de la floraison de *J. communis* en Décembre. Nous avons séparé nos observations pour chacun des individus mâles ou femelles.

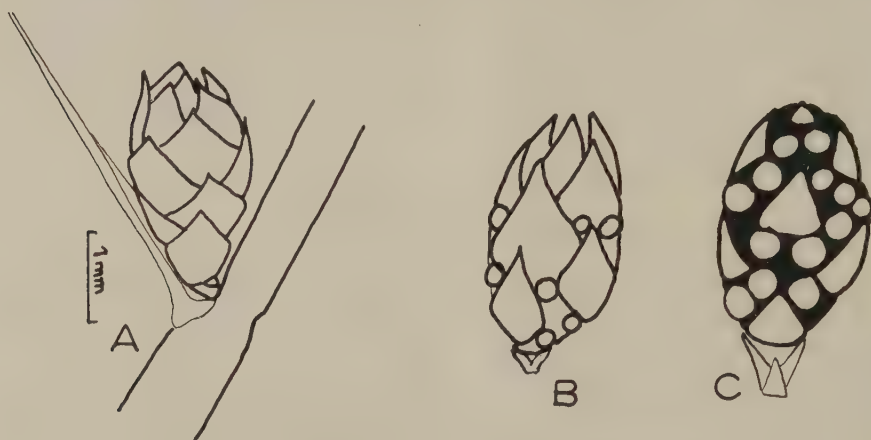


FIG. 80. — *J. communis*. — Evolution de la fleur mâle. — A : 16 mars ; B : 25 mars ; C : 7 avril.

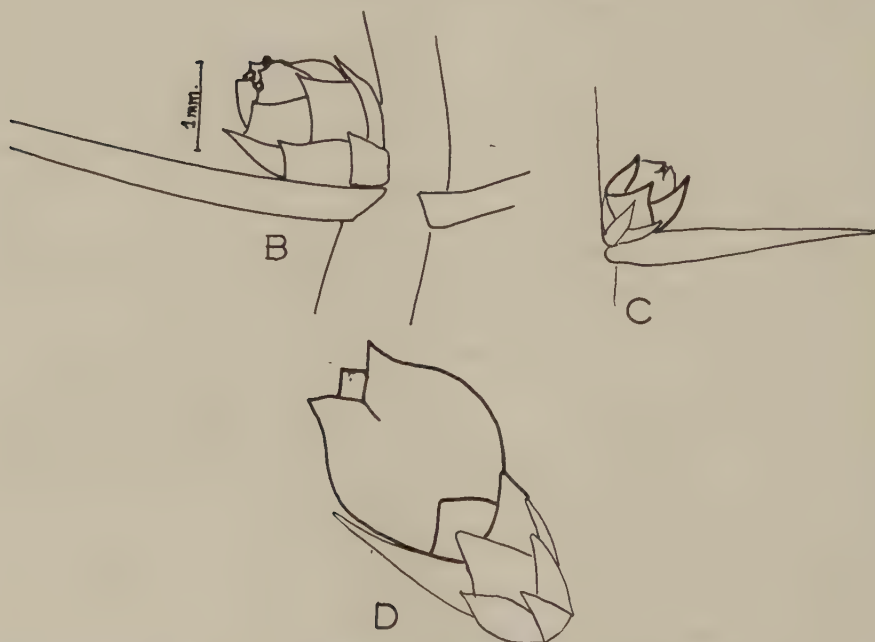


FIG. 81. — *J. communis* : Evolution de la fleur femelle. — B : 2 décembre ; C : 7 avril ; D : 29 avril.

Individus mâles : Les boutons floraux commencent leur développement en février ; la pleine floraison (pollinisation) a lieu fin mars-début avril. Elle est basifuge ; les premières inflorescences ouvertes sont celles de la base du rameau de l'année. Celles de l'extrémité sont les dernières à

s'ouvrir. La floraison peut se poursuivre jusqu'à la fin du mois d'Avril selon les conditions météorologiques. L'émission de pollen est en rapport avec l'hygrométrie ; elle a lieu par temps sec et chaud. La figure 80 représente l'évolution phénologique d'un individu mâle :

A. — Bourgeon : février.

B. — Éclatement (sac pollinique visible) début mars.

C. — Maturité (pollinisation) : 27 mars-10 avril.

Individus femelles : La floraison a lieu sur le rameau de l'année précédente. Les bourgeons commencent leur développement en hiver lorsque le temps le permet (absence de périodes trop froides) et poursuivent leur évolution jusqu'au printemps.

Nous avons pu observer des fleurs femelles avec micropyles développés, proéminents au début du mois de Décembre. La fécondation intervient seulement en Mars-Avril ; les fruits se développent et ne sont mûrs qu'à l'automne de l'année suivante. La figure 81 donne l'évolution phénologique d'un individu femelle :

A — Bourgeon : novembre-décembre.

B. — Micropyles visibles : 10 décembre.

C. — Fécondation : début avril.

D. — Fruit noué : fin avril.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur l'évolution du champignon

Les facteurs naturels dont nous avons étudié l'action dans les chapitres précédents se retrouvent ici avec une action comparable.

1^o TEMPÉRATURE. — Les exigences de température sont plus grandes que celles des autres espèces. En effet, ce champignon apparaît plus tard et par suite se prolonge plus longtemps ; il exige donc une température plus élevée. Ce qui confirme cela c'est aussi l'évolution plus tardive du parasite au fur et à mesure que l'on se déplace vers le Nord. Cette constatation est confirmée par le retard d'évolution du *G. clavariaeforme* dans certaines régions telles que l'Alsace où au mois d'Avril les sores se trouvent à peine définis ⁽¹⁾.

2^o PLUIE. — Les sores de cette espèce résistent à plusieurs pluies consécutives.

3^o VENT. — Le vent a peu de prise sur les sores ; ils sont en effet difficilement détachables même lorsqu'ils sont gonflés.

4^o ANIMAUX. — Tous les animaux prédateurs déjà cités se retrouvent dans les sores gélatineux.

⁽¹⁾ Nous remercions ici A. VUITTENEZ de la Station de Pathologie Végétale de Colmar qui nous a adressé de nombreux échantillons d'Alsace.

B. — HAPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1^o SPERMOGONIES. — Les taches qui apparaissent à la fin de l'incubation sont rouge foncé, entourées d'une auréole jaune-vert. A la surface de ces macules se forment les spermogonies de forme classique :

130-150 (haut.) $\times$ 110-120 μ

2^o ECIDIES. — A la suite du mélange des thalles, se développe la

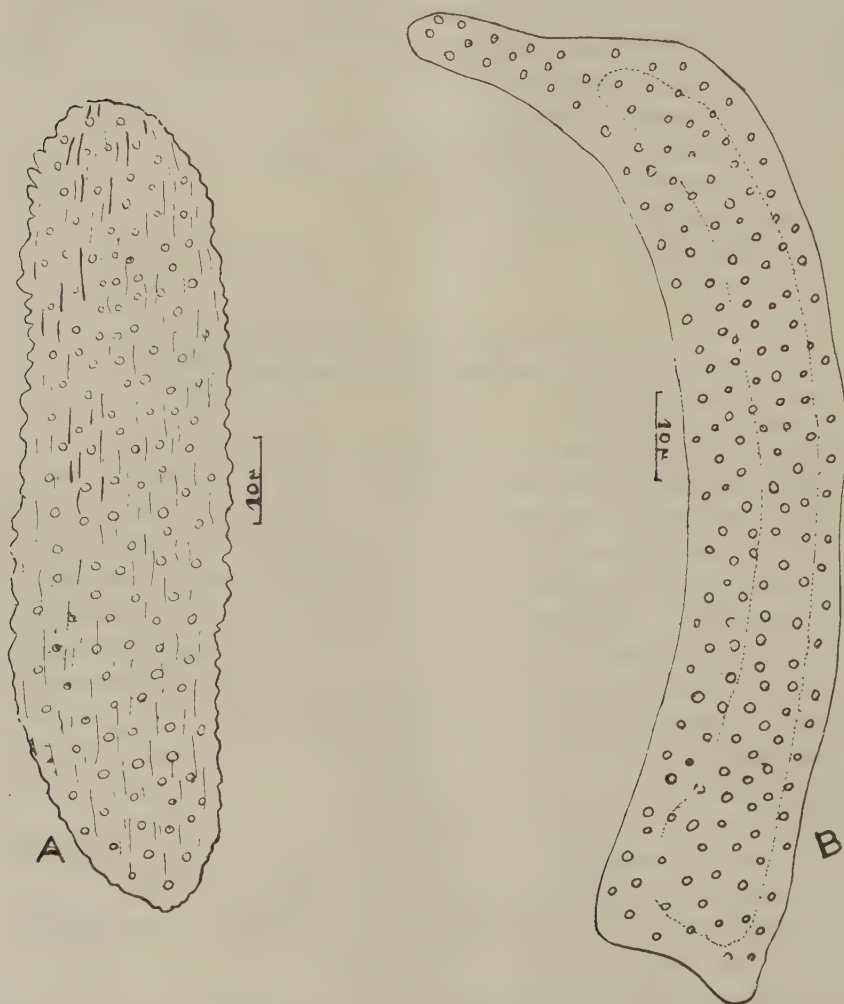


FIG. 82. — *G. clavariæforme*. — A : face interne des cellules pseudopériodiales verrues et stries ; B : face latérale, verrues seules.

tumeur à l'intérieur de laquelle se différencient les écidies dont la partie extérieure cylindrique du pseudopériidium mesure $0,7-1,5 \times 0,3-0,5$ mm.

L'apex du pseudopériidium est conique, formé de cellules jointives ; par la suite cette extrémité se détachera. Au sommet du pseudopériidium les cellules mesurent $30 \times 20 \mu$, $36 \times 20 \mu$, puis passent rapidement à des cellules plus allongées : $45 \times 17 \mu$, $75 \times 18 \mu$ et $102 \times 13 \mu$ (au niveau de la surface de la tumeur). Ensuite, vers la base de l'écidie les cellules deviennent plus courtes : $51 \times 15 \mu$, $40 \times 17 \mu$.

La membrane interne des cellules mesure $5-6 \mu$, d'épaisseur ; la membrane externe : $2-2,5 \mu$.

Ornementation : La face externe est lisse ; la face interne est verruqueuse et finement striée longitudinalement (fig. 82 A). Latéralement l'ornementation est formée de verrues irrégulières et grosses (fig. 82 B).

A maturité le pseudopériidium se divise en lanières longitudinales dans toute sa portion externe.

Les cellules du pseudopériidium situées au milieu de la file ont des prolongements vers le haut qui jouent un rôle dans les mouvements de cet organe, en empêchant un trop grand enroulement de ces files.

Les écidiospores brun clair sont sphériques ou ellipsoïdes ; elles mesurent $25-27 \mu$ de diamètre ou $25-30 \times 20-25 \mu$ (ellipsoïdes). Elles sont munies de 6-8 pores. L'épisporé 2-3 μ est finement verruqueuse.

b) Morphologie des hôtes

Les hôtes que nous avons reconnus dans la région prospectée ou à l'aide de nos inoculations sont : *Cydonia*, *Crataegus monogyna*, *Cr. ruscinonensis*, et *Amelanchier ovalis*.

Amelanchier ovalis Medikus : C'est un arbuste buissonnant, aux feuilles denticulées d'abord velues blanchâtres, puis vertes et lisses sur la face supérieure. Les jeunes pousses sont velues cotonneuses. A la maturité, l'arbuste est glabre, vert. Cette chute des poils que nous avons vue chez d'autres Pomacées joue peut-être un rôle dans la pénétration du mycelium de *Gymnosporangium*. C'est ce que nous avons essayé d'observer.

Les sujets que nous avons utilisés pour nos expériences sont issus de semis naturels récoltés au pied d'arbustes de la garrigue au milieu des feuilles sèches d'*Amelanchier* ; nous les avons transplantés en serre et en pleine terre.

Nous avons également essayé d'effectuer des semis, mais le pourcentage de germination est très faible (4 p. 100) même après stratification et il n'a lieu qu'au mois de Mai.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

Les conséquences du parasitisme de cette espèce sur les Pomacées sont comparables à celles des autres espèces. Selon la localisation de l'attaque et son importance, la déformation locale est plus ou moins préjudiciable pour la plante.

Les répercussions anatomiques de cette attaque ont été décrites par WAKKER (1892) (in TUBEUF), PORCELLI (1896). Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été décrit par ces auteurs.

Quant aux déformations elles se rattachent à ce que nous avons décrit pour d'autres espèces de *G.*

L'attaque fréquente du limbe entraîne une déformation de l'organe aux dépens du tissu lacuneux qui se cloisonne et provoque la tumeur formée par un tissu pathologique à aspect de parenchyme palissadique.

La localisation du parasite sur le fruit ou le pédoncule entraîne la mort de celui-ci. Enfin si le rameau est attaqué, sa mort peut survenir plus ou moins rapidement.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

La maturité des téléospores et leur germination ont lieu fin Mars-début Avril ; c'est à ce moment-là que se produit l'infection des Rosacées. L'incubation dure en moyenne 9-15 jours ; les spermogonies apparaissent donc du 1^{er} au 10 Avril ; l'hypertrophie de l'organe parasité commence à être visible à partir du 15 Avril, soit 10 à 15 jours après l'apparition des spermogonies.

Le pseudopériidium arrive à la surface de la tumeur du 29 Avril au 10 Mai (7-12 jours après le stade précédent) ; enfin, le pseudopériidium est entièrement développé et les écidies sont ouvertes 5-8 jours plus tard (15-30 Mai). Au total la durée du développement du stade écidien à partir de la pénétration du parasite jusqu'à l'émission des écidiospores est de 31 à 50 jours.

RATHAY (in BULLER 1950, p. 31) a constaté que le sucre est peu abondant dans le nectar des spermogonies de *G. clavariaeforme* (absence de goût et réaction, à chaud seulement, avec la liqueur de Fehling). Ce même auteur a également observé sur *G. clavariaeforme*, 17 espèces différentes d'insectes qui venaient visiter les spermogonies.

MONTEMARTINI (1925), DUPIAS (1943) pensent à une perennité du mycelium dans les rameaux d'Aubépine. Nous n'avons jamais constaté

un tel fait et nous ne pensons pas qu'il en soit ainsi, la mort du rameau survenant, au plus tard, au printemps suivant l'attaque sans qu'il y ait formation de nouvelles fructifications.

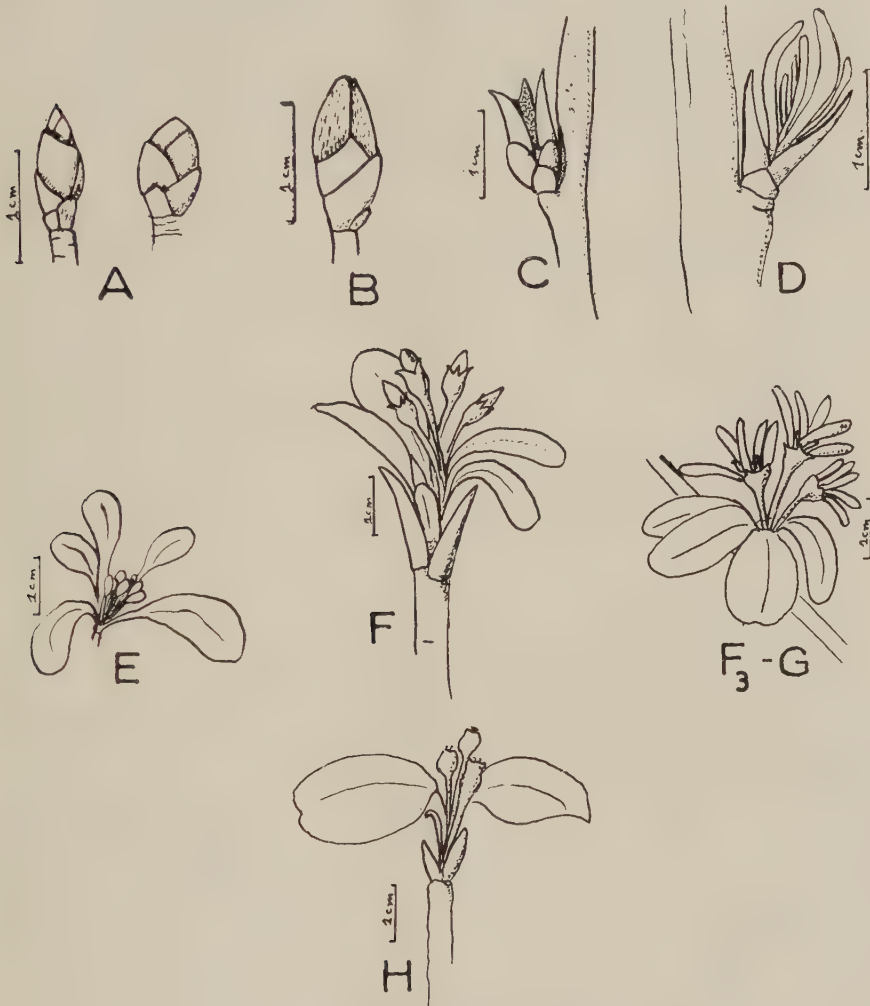


FIG. 83 — Stades-repères d'*Amelanchier ovalis*.

b) Biologie des hôtes écidieux

Nous étudierons seulement ici l'*Amelanchier*, renvoyant aux chapitres précédents pour les autres genres d'hôtes.

Amelanchier ovalis Medikus : Arbuste de l'Europe méditerranéenne et tempérée méridionale ; c'est une espèce montagnarde.

Nous ne le retrouvons pas en abondance dans notre région en raison de son caractère montagnard. Cependant l'*Amelanchier* existe au nord

de Grabels (Bois de Valène) et il descend même au sud de ce village sur des rochers calcaires dont il peuple la face Nord et dont la face Sud est dépourvue.

Il indique une légère amélioration de l'ambiance favorable au chêne pubescent (KUHNHOLTZ-LORDAT 1952, p. 166). On le rencontre, en effet, dans le sous-bois de l'Association du Chêne blanc (BRAUN-BLANQUET 1915, p. 91) ; c'est une caractéristique du *Quercetalia pubescentis* Br. Bl. qui se retrouve dans le *Querceto-buxetum* Br. Bl.

Phénologie : Le tableau ci-après donne les dates moyennes de chaque stade-repère.

Les dates que nous donnons ci-dessous sont le résultat de plusieurs années d'observation tant sur les sujets spontanés de la garrigue que sur les sujets en expérimentation au laboratoire (fig. 83) :

O. Bourgeon dormant	
A. Gonflement	25 février
B. Rupture	15 mars
C. Éclatement	31 mars
D. Bouton vert	7 avril
E. Apparition des pétales	10 avril
F. Floraison	17 avril
G. Chute des pétales	22 avril
H. Nouaison	25 avril
I. Maturité	20 août
J. Chute des feuilles	15 novembre

Développement de l'épiderme des feuilles :

Nous avons suivi le développement de l'épiderme et de sa cuticule selon les techniques exposées plus haut.

Nous avons réuni dans le tableau suivant l'épaisseur de l'épiderme et de la cuticule des faces supérieure et inférieure.

	Face sup.		Face inf.	
	Epid.	Cutic.	Epid.	Cutic.
F ₁ Feuille pliée	8-9 μ	—	8	0,3
F ₂ — à peine ouverte	11	—	8	0,3
F ₃ — ouverte	13	0,3	8	0,3
F ₄ ⁽¹⁾	15	0,5	8	0,3
F ₅	15	0,5	8	0,3
F ₆	15	0,6	10	0,6
29 mai	18	0,6 ⁽²⁾	10	0,6
4 octobre	18	0,6 ⁽²⁾	10	0,6

⁽¹⁾ — La numérotation croissante des feuilles correspond à un âge plus avancé.

⁽²⁾ — La coloration au Soudan III est plus prononcée en rapport avec la différenciation chimique.

Au cours du développement l'épaisseur de la cuticule augmente peu, mais la modification chimique est importante. La coloration au Soudan III, légère au début, prend une teinte plus vive en même temps qu'elle apparaît plus nettement.

A la face inférieure la cutinisation est plus précoce et se développe plus rapidement. En effet, sur la feuille pliée, la face inférieure est, la première, exposée à l'air ; les premiers points de dépôt de cutine qui apparaissent sont ceux qui se trouvent au niveau des poils formant un anneau à leur base. Lors de la chute du poil, les cellules voisines ont leurs membranes mitoyennes en grande partie cutinisées. Les stomates sont également un point de départ de cutinisation ; le dépôt se forme en premier lieu sur la membrane à l'intérieur de l'antichambre stomatique et de là gagne la membrane externe de l'épiderme. On peut considérer que la cutinisation de la face *inférieure* des feuilles est terminée dès que la feuille est ouverte et a atteint ses dimensions adultes.

Le développement rapide de la cuticule met la plante dans un état de résistance vis-à-vis du parasite.

Il existe de plus à l'extrémité des dents des feuilles des poils pluricellulaires qui tombent sur les feuilles âgées. Il est possible que leur cicatrice de chute soit une porte d'entrée pour le parasite, le mécanisme de leur chute étant différent de celui des poils du limbe.

Enfin les sinus sont fréquemment le siège d'une pénétration tardive. Ce sont certainement des points où l'activité cellulaire se prolonge quelque temps après que la feuille a atteint sa taille normale.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon

Ainsi que nous l'avons fait ressortir plus haut, *G. clavariaeforme* est répandu dans toute l'aire des *G.* On le rencontre en effet depuis la Norvège jusqu'en Afrique du Nord, et sur les quatre continents tempérés chauds. Cependant les conditions d'évolution varient avec le milieu ; ainsi par exemple :

DUPIAS (1953) en conformité avec nos observations cite les écidies sur *Cr. monogyna* le 1^{er} juin ;

MAYOR et VIENNOT-BOURGIN (1950) en Corse : écidies à peine ouvertes le 21 mai ;

GUYOT (1951) à 1 000 m d'altitude : écidies 11 Septembre 1946 dans les Alpes Maritimes ;

HEIM (1927) à Briançon : écidies en Septembre ;

SAVULESCU (1941) en Roumanie : écidies sur *Cr. monogyna* 15-30 Juin 1932 ;

TUBEUF (1893) réalise le cycle sur *Cr. oxyacantha* : inoculation 2 Mai, spermogonies 13 Mai, écidies 8 Juin.

Dans notre région l'activité des écidies n'est pas très longue. En effet les conditions estivales interviennent pour cette espèce appartenant à des régions plus humides et plus froides.

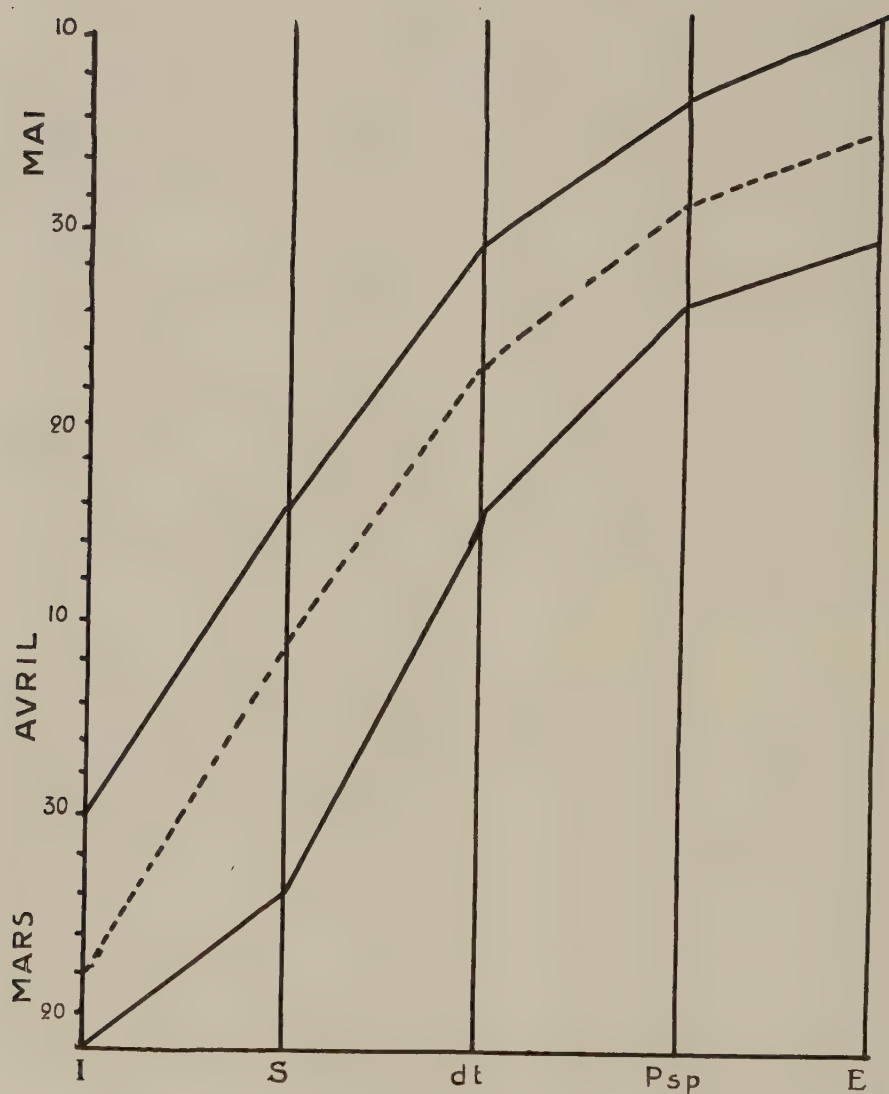


TABLEAU K

Evolution de la phase écidienne de G. clavariaeforme

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopériidium ;
E, émission des écidiospores.

Les autres facteurs déjà étudiés pour les autres espèces interviennent d'une manière comparable dans le comportement de cette espèce.

IV. — CONCLUSIONS

Dans notre région *G. clavariaeforme* est une espèce à développement rapide. En effet, les sores apparaissent tard et l'évolution sur la Rosacée est rapide.

Sur le tableau K nous indiquons, comme pour les espèces précédentes, une courbe d'évolution de macule précoce, une courbe d'évolution tardive et une courbe d'évolution moyenne.

CHAPITRE V

GYMNOSPORANGIUM TREMELLOIDES Hart.

Nous ne voulons pas passer sous silence cette espèce en raison de quelques points intéressants qu'elle présente. Cependant nous serons

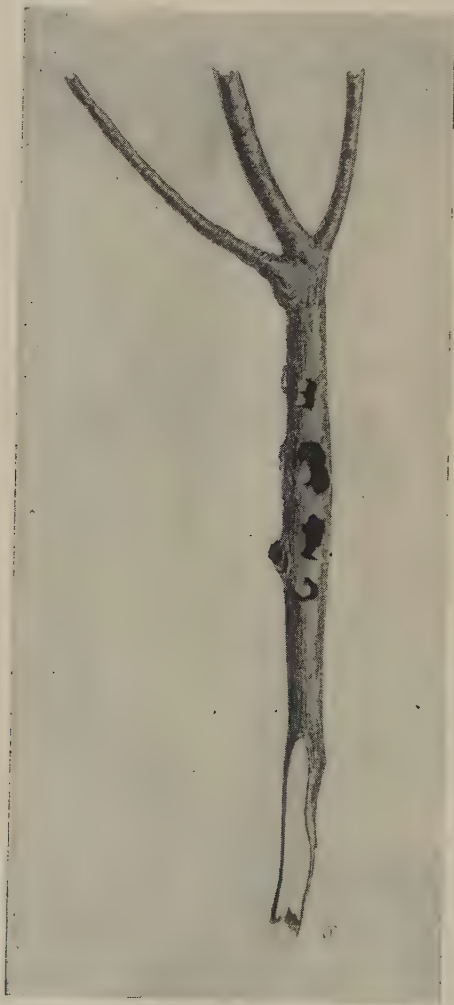


FIG. 84. — *G. tremelloides* sur rameau de *J. communis* : Déformation peu volumineuse.
d'après aquarelle (K. de Puysegur)

bref à son sujet. En effet, au cours de nos prospections nous ne l'avons rencontrée que rarement ; de plus sa fugacité a beaucoup nui à nos expérimentations et à nos observations.

HISTORIQUE

Nous comprenons cette espèce au sens large ; en effet, elle a été décrite d'abord sous le nom de *G. juniperinum* (L.) Mart. Par la suite HARTIG la décrit sous le nom de *G. tremelloides*, aujourd'hui retenu comme binome en raison de l'attribution du terme *juniperinum* à plusieurs espèces. FISCHER, KLEBAHN trouvent sous cette dénomination plusieurs espèces ou races. En ce qui concerne nos échantillons nous ne pouvons que rester dans le cadre de la grande espèce.



FIG. 85. — *G. tremelloides* — Sore gonflé sur *J. communis* — 27 avril 1951.

Répartition

Elle fait partie des trois espèces tricontinentales de CROWELL (1940 b). Elle est très répandue en France mais elle est rare dans la région méditerranéenne.

Cycle. Hôtes téliens : *Juniperus communis* L., *J. nana* L.
Hôtes écidien : *Sorbus*, *Amelanchier*, *Malus*.

A. — DIPLONTE

1^o Morphologie : Déformation peu apparente (fig. 84). Sores gros environ 5 mm de diamètre, plaqués contre le rameau. Le gonflement par la pluie donne une masse volumineuse (15-20 mm) orangé clair (fig. 85).

Les spores contenues dans cette masse sont de deux types (fig. 86) :
 spores à membrane colorée : $35-42 \times 23-28 \mu$.
 spores à membrane claire : $45-54 \times 17-20 \mu$.

Ces spores ont une membrane qui se gélifie à l'eau. Le pédicelle est très long.

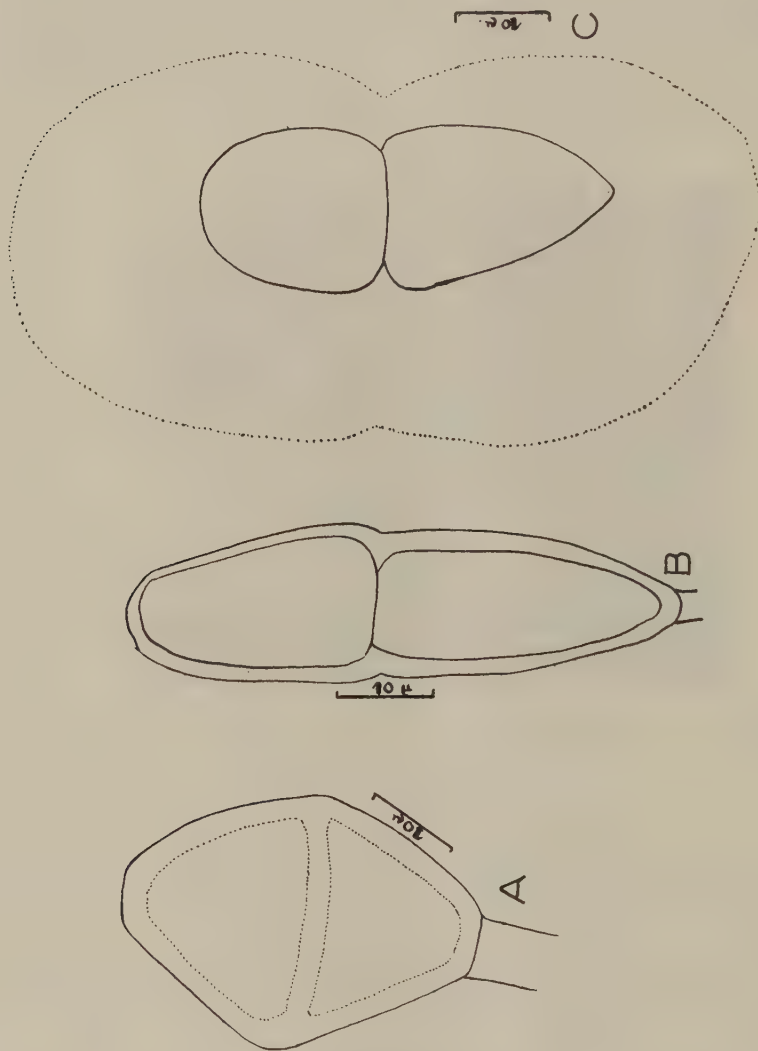


FIG. 86. — *G. tremelloides*. — A : Spore à membrane colorée ;
 B : Spore à membrane incolore ; C : Membrane gélatineuse turgescence.

2° Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme : Les conséquences du parasitisme sur *J. communis* sont celles étudiées par GENEAU de LAMARLIÈRE (1905) : hypertrophie de l'écorce ; hypertrophie et dissociation du liber ; les fibres libériennes sont orientées en tous sens (fig. 87) et les cellules parenchymateuses sont

hypertrophiées ; une légère atrophie du bois ; les rayons médullaires sont nombreux et hypertrophiés vers l'extérieur. L'ensemble de ces conséquences auxquelles se joint une action toxique du parasite amène une mort rapide des brindilles parasitées.

Le mycelium intercellulaire très abondant se conserve cependant et progresse vers la partie saine du rameau qu'il tuera à son tour. On peut considérer qu'une déformation caulinaire produit des sores pendant deux ans au maximum. C'est un caractère que nous n'avons rencontré chez aucune des espèces étudiées jusqu'ici et qui implique des réinfections du Genévrier pour son maintien.

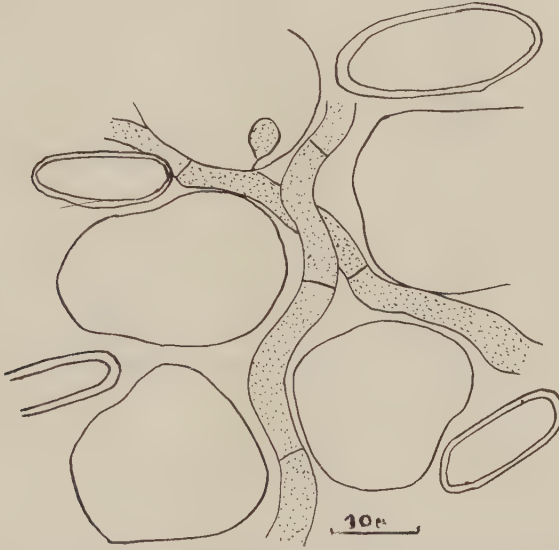


FIG. 87. — *G. tremelloides*. — Liber dissocié chez *Juniperus communis*.
Les fibres libériennes sont éparées.

3° Biologie : Les sores apparaissent sur les rameaux dans la dernière décade du mois de Mars. Ils ne sont en état de germer qu'à la fin du mois d'Avril. Leur grosse masse gélatineuse ne leur permet pas, comme pour les autres espèces, des séries de gonflement et de rétraction. En effet, leur poids à l'état gonflé les rend sensibles au vent. C'est une des raisons de leur fugacité. C'est cette fugacité ajoutée à la rareté du parasite qui est en partie la cause du petit nombre d'inoculations que nous avons pu tenter.

Les sores apparaissent à la base des brindilles tuées ; c'est un critère en faveur de la perennité de courte durée : 2 ans au maximum.

4° Influence de quelques facteurs naturels : C'est un champignon à évolution tardive (maturité fin Avril) qui exige donc une température plus élevée (fig. 88).

La pluie est nécessaire et les besoins en eau sont supérieurs à ceux des autres espèces ; la masse du sore est importante et le maintien d'une forte humidité environnante est nécessaire pour éviter son dessèchement rapide.

Les prédateurs que nous avons vus sur les autres espèces de *G.* sont également attirés par elle.

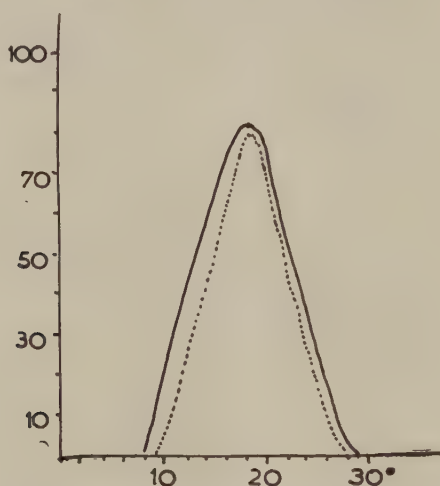


FIG. 88. — *G. tremelloides*. — Courbes des températures de germination des téleutospores (trait plein) et basidiospores (pointillé).

B. — HAPLONTE

Nous avons réalisé des inoculations, mais en raison de la faiblesse de nos résultats nous ne pouvons les généraliser. Nous avons tenté d'inoculer cette espèce aux Rosacées suivantes : *Cydonia*, *Crataegus monogyna*, *Cr. ruscinonensis*, *Pyrus amygdaliiformis*, *P. communis*, *Amelanchier ovalis*, *Sorbus domestica*, *Malus communis*. Nous n'avons obtenu un résultat positif que sur *Amelanchier* et en faible quantité. Nos exemplaires en serre ont été broutés par un Gastéropode, ce qui ne nous a pas permis de suivre le complet développement de ce stade. Nous supposons cependant qu'il s'agit très vraisemblablement de *G. amelanchieris* Fischer, espèce détachée de *G. tremelloides*. En l'absence de certitude nous avons laissé cette espèce classée dans le *G. tremelloides* s. l.

En nous reportant aux récoltes faites sur *Amelanchier* dans la nature nous constatons la longueur de ce cycle, cependant plus court que celui de *G. fuscum*. Les dates moyennes ci-dessous nous permettent de tracer la courbe de développement (tableau L) :

Inoculation : 26 avril.

Spermogonies : 14 mai.

Début de tumeur : 28 mai.

Apparition du pseudopériidium : 25 août.

Emission des écidiospores : 1-10 septembre.

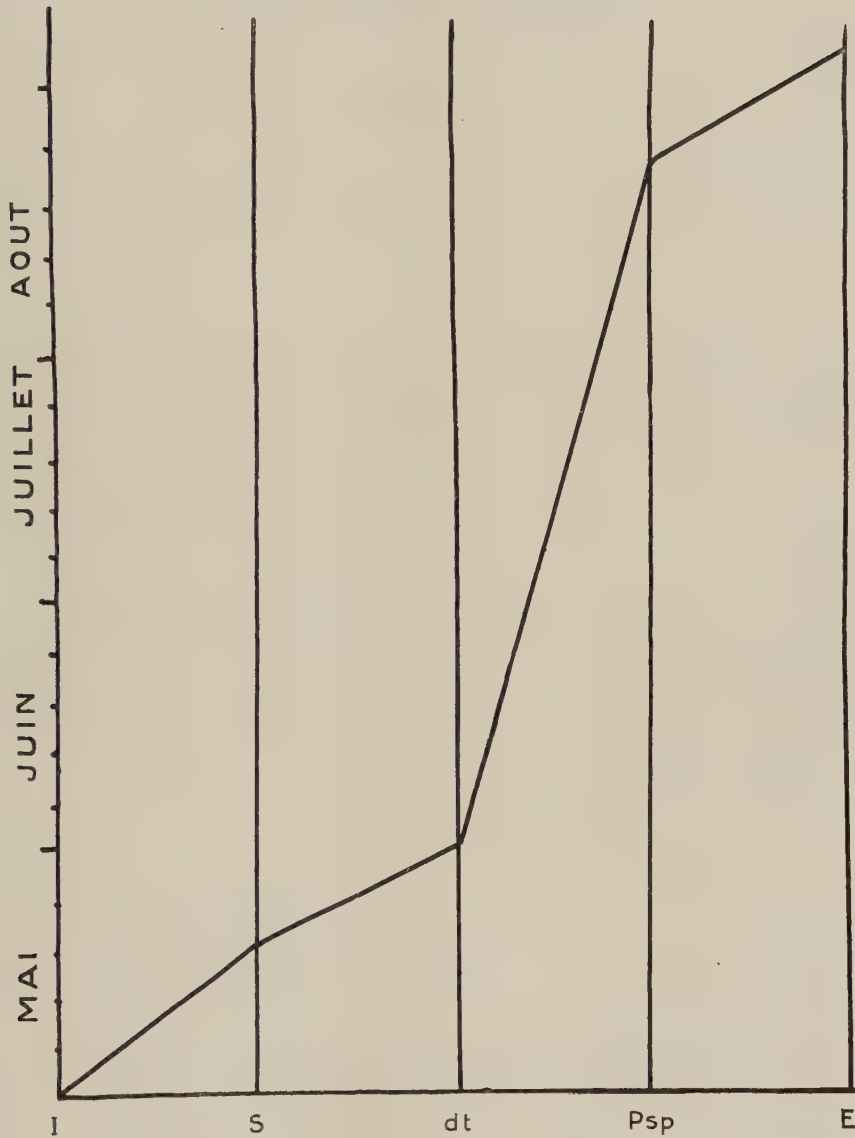


TABLEAU L

Evolution de la phase écidienne de G. tremelloides

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopériidium ;
E, émission des écidiospores.

3^e PARTIECOMPARAISONS GÉNÉRALES
CONCLUSIONS GÉNÉRALES

I. — COMPARAISONS GÉNÉRALES

Les études que nous avons poursuivies sur les différentes espèces de *Gymnosporangium* du Languedoc nous permettent de comparer les points suivants :

A. — DIPLONTE

1^o **Déformations produites par le diplonte** : Des modifications anatomiques sont provoquées chez les Genévriers : hypertrophie et hyperplasie par développement de méristèmes supplémentaires localisés par exemple sous les téliosores formant la cicatrice de chute, ou simplement excitation à la croissance des bourgeons dormants (*G. gracile*).

2^o **Sores** : Ils sont caractéristiques ; petits, grêles, orange : *G. gracile* ; plus gros et orangé : *G. clavariaeforme* ; gros et brun : *G. confusum* ; brun noir : *G. fuscum* ; très volumineux et brun clair : *G. tremelloïdes*.

3^o **Téliospores** : Les deux types de téliospores doivent à notre avis entrer en part pour la détermination des espèces. Leurs formes générales permettent de grouper d'une part les espèces du type *clavariaeforme* à spores allongées (*G. clavariaeforme*, *gracile*), d'autre part celles du type *fuscum* à spores plus courtes (*G. fuscum*, *confusum*, *tremelloïdes*).

Nous avons groupé toutes ces observations dans les tableaux ci-après :

Tableau de détermination par les sores

+ Sores orangés :	
— grêles sur balai de sorcière	<i>G. gracile</i>
— plus gros, sur fuseau	<i>G. clavariaeforme</i>
+ Sores bruns :	
— brun roux, volumineux	<i>G. confusum</i>
— brun noir, plus petits	<i>G. fuscum</i>
— tremelloïdes, aplatis	<i>G. tremelloïdes</i>

Tableau de détermination par les spores (fig. 89).

+ Spores à membrane fortement colorée allongées : 55-80 × 15 μ :	
— Spores à membrane claire :	
++ 72-86 × 11-15 μ	<i>G. gracile</i>
++ 80-110 × 13-15 μ	<i>G. clavariaeforme</i>
+ Spores à membrane fortement colorée trapues : 35-45 × 23-28 μ :	
— Cellule supérieure arrondie ; spores à membrane claire allongées :	
50-60 × 14-18 μ	<i>G. confusum</i>
— Cellule supérieure conique ; spore à membrane claire à peine plus longue, mais rétrécie à la cloïson : 44-50 × 18-24 μ	<i>G. fuscum</i>
— Spores enrobées dans une gangue gélatineuse ; spores à membrane claire : 45-54 × 17-20 μ	<i>G. tremelloïdes</i>

Tableau général de détermination du diplonte

+ Espèce provoquant un balai de sorcière	<i>G. gracile</i>
+ Espèces provoquant un fuseau plus ou moins volumineux :	<i>G. tremelloides</i>
— fuseau peu visible ; mort rapide	
— fuseau volumineux :	<i>G. clavariaeforme</i>
++ sores orangés	
++ sores bruns :	<i>G. confusum</i>
— bruns roux ; deux types nets de spores	<i>G. fuscum</i>
— bruns noirs ; deux types de spores peu différents	

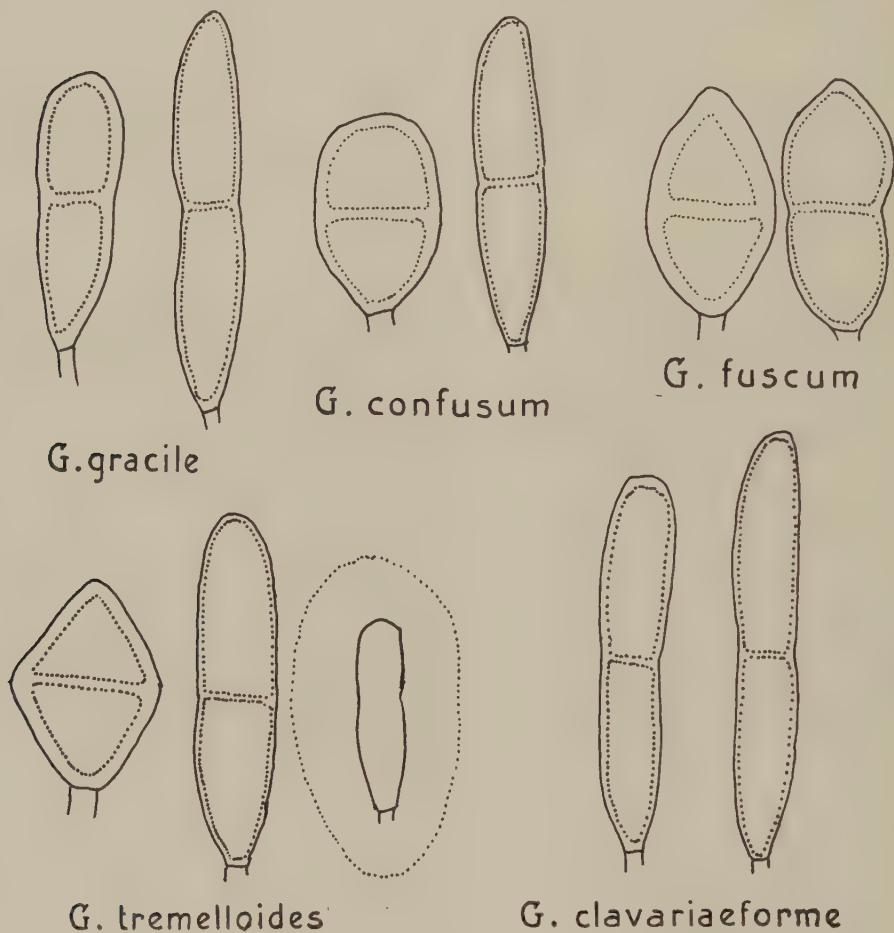


FIG. 89. — Schéma des deux types de téliospores des espèces étudiées.

B. — HAPLONTE

Les tumeurs écidiennes sont plus ou moins volumineuses selon la durée de l'évolution et selon l'organe attaqué. La déformation peut être considérée comme une réaction de défense ; la lutte entre l'hôte et le parasite serait d'autant plus forte que la tumeur serait plus grosse.

Comme dans le cas du diplonte des méristèmes supplémentaires

se créent et sont à l'origine de la tumeur. Les espèces à développement rapide produisent sur les feuilles des tumeurs peu volumineuses (*G. gracile*, *confusum*, *clavariaeforme*). Au contraire, *G. fuscum*, *G. tremelloides* produisent des tumeurs volumineuses en rapport avec la lenteur de leur développement.

Les caractères externes du pseudopéridium permettent une discrimination spécifique :

— Pseudopéridium à apex soudé persistant.....	<i>G. fuscum</i>
— Pseudopéridium long (1 mm et plus) :	
+ lacinié à l'extrémité	<i>G. confusum</i>
+ lacinié jusqu'à la base	<i>G. tremelloides</i>
— Pseudopéridium court lacinié à l'extrémité.....	<i>G. gracile</i>
	<i>G. clavariaeforme</i>

L'ornementation des cellules du pseudopéridium varie avec chaque face ; elle est formée pour une même face de verrues plus ou moins grosses et serrées (*G. gracile*, *G. clavariaeforme*), ou de verrues et de crêtes selon plusieurs orientations (*G. confusum*, *G. fuscum*).

C. — BIOLOGIE

Les études biologiques, c'était là notre but principal, nous ont permis de préciser les conditions de développement des espèces et l'influence des facteurs du milieu : pluie, état hygrométrique, température.

Pour toutes ces espèces la pluie est indispensable et doit avoir une certaine durée. Une pluie minimum de 4 mm à faible intensité répartie sur un minimum de 10 h est nécessaire au gonflement des télïosores et à la germination des spores. Le milieu doit ensuite conserver un degré hygrométrique supérieur à 90 pour favoriser la pénétration des Rosacées.

Nous avons mis ici en lumière le rôle de la cuticule et en particulier son pouvoir de rétention de l'eau chez certaines espèces par la surface rugueuse.

Une espèce de *G.* est particulièrement exigeante en humidité en raison du caractère de ses sores volumineux qui absorbent une grande quantité d'eau : *G. tremelloides*.

La température joue également un rôle important alors que certaines espèces supportent même la neige au stade télïen (*G. confusum*), d'autres à développement plus tardif exigent un minimum de température pour se développer : *G. fuscum*, *G. tremelloides*, sans toutefois supporter sans dommages (évolution retardée) les trop fortes températures estivales.

Le tableau M donne les cycles que nous avons réalisés sur les hôtes de notre région.

La durée du cycle est variable avec chaque espèce. Nous avons réuni sur le tableau N les courbes de durée de l'évolution des phases écidïennes des espèces étudiées. Nous avons pris pour chacune des espèces une

TABLEAU M
Cycles établis dans la région méditerranéenne

	Juniperus			Cydonia	Crataegus		Amelanchier	Pyrus			Sorbus domest.
	oxycedrus	phoenicea	communis		monogyna	ruscinon.		amygdalif.	communis	malus	
<i>G. gracile</i>	++			+	+		+				
<i>G. confusum</i>	++	+		+	+	+	+				
<i>G. fuscum</i>	+	+						+	+		
<i>G. clavariaeforme</i>				+	+		+				
<i>G. tremelloides</i>			+				+				

courbe moyenne ; pour faciliter ces comparaisons nous avons pris pour chacune la même origine. On constate ainsi que *G. clavariaeforme* se développe le plus rapidement ; viennent ensuite *G. confusum*, puis *G. gracile*. *G. tremelloides* et *G. fuscum* ont des courbes aberrantes dues à la longueur du développement de la tumeur.

Sur le tableau O nous avons réuni l'évolution répartie sur toute l'année. Il apparaît que *G. confusum* est l'espèce la plus précoce et que *G. fuscum* a le cycle le plus long. A ces deux types nous pouvons réunir les autres espèces :

- 1° *G. confusum*, *G. clavariaeforme*, *G. gracile*, cycle court et précoce ;
- 2° *G. fuscum*, *G. tremelloides*, cycle long tardif.

D. — PHYSIOLOGIE

Les conséquences du parasitisme sur la plante (stade télien ou stade écédien) sont à une échéance plus ou moins rapprochée la mort de tout ou partie de l'organe atteint. Même chez l'hôte primaire caractérisé par la perennité du mycélium, après une vie de plusieurs années, la portion parasitée meurt sans que le mycélium progresse dans la portion voisine vivante.

Il faut, en plus, considérer les conséquences du parasitisme sur la réalisation des fonctions vitales de la plante : réduction de la surface de photosynthèse, réduction ou inhibition de la floraison.

En outre, la présence du champignon déséquilibre le végétal : ainsi que l'a montré MARESQUELLE (1930) la respiration du complexe parasitaire est plus intense que celle du tissu indemne ; le tort fait à l'assimilation chlorophyllienne peut être considérable et aller jusqu'à la suppression totale de la chlorophylle. Les hypertrophies sans chlorophylle sont bourrées d'amidon.

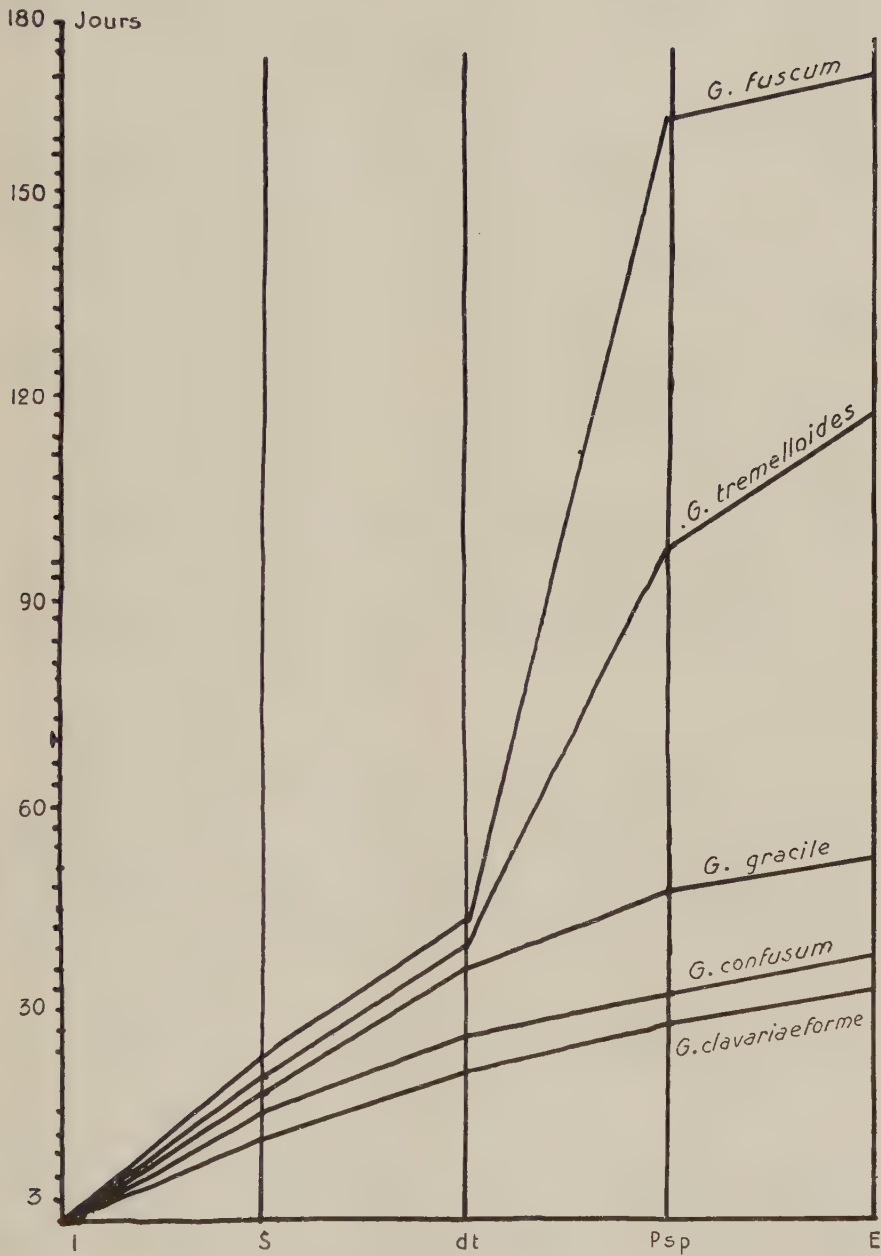


TABLEAU N

Comparaison des évolutions des phases écidienne des *Gymnosporangium*

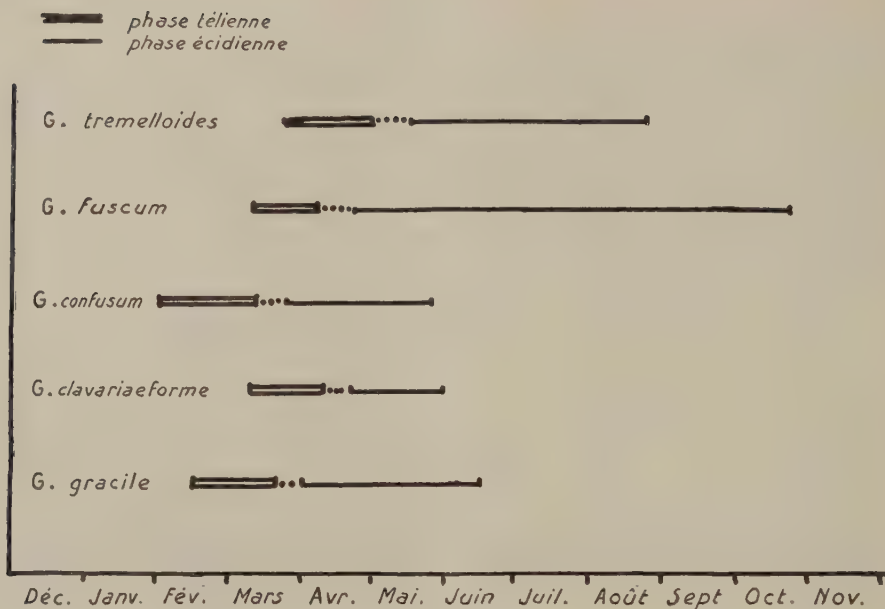


TABLEAU O

Diagramme de l'évolution annuelle des *Gymnosporangium*
de la région montpelliéraine

II. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les études que nous avons poursuivies et que nous venons de relater dans ce mémoire peuvent se grouper d'après leurs conséquences sur les caractères biologiques et la systématique du genre *G.* d'une part, sur le rôle économique des *G.* méditerranéens d'autre part.

A. — Conséquences sur les caractères biologiques et la systématique du genre *Gymnosporangium*

1^o Réalisation de cycles inconnus pour notre région : *G. fuscum*, *G. confusum*, *G. gracile*.

Toutes nos espèces régionales sont inféodées aux *Juniperus*. En Europe, *G. minus* seul, en l'état actuel de nos connaissances est sur un hôte différent (*Cupressus*) appartenant cependant à la même famille. Ce dernier hôte est indemne de rouille dans notre région malgré nos recherches.

2^o Localisation anatomique du parasite et ses répercussions sur l'hôte. Aussi bien au stade télén qu'au stade écidien, le champignon pro-

voque une hypertrophie, accompagnée d'une hyperplasie des tissus non sclérifiés. Le collenchyme est tout particulièrement envahi ; c'est un tissu de choix pour de nombreuses Urédinées.

3° Apparition et développement printanier des téléutospores, rares chez les Urédinées en dehors des *Gymnosporangium*. En effet ces spores généralement considérées comme des organes de conservation, germent immédiatement. Cependant les téliospores à membrane colorée, apparaissent les premières, en période froide et sont localisées à la surface du sore où elles jouent un rôle de protection.

4° Précisions sur l'influence des conditions climatologiques régionales sur le développement de ces espèces : Influence de la *pluviométrie* : pluie nécessaire : 4 mm, degré hygrométrique supérieur à 90 pendant 15 h. Pluie violente néfaste provoquant l'entraînement des sores.

Le mécanisme de gonflement et dessèchement des téliospores est sous l'influence des variations météorologiques par alternance rapide de temps humide et de temps sec caractéristique du Midi méditerranéen.

Influence de la *température* : une température trop basse peut retarder le développement et empêcher la germination des téliospores.

Influence de la *lumière* : *G. gracile*, espèce méridionale apparaît toujours en premier lieu sur la face ensoleillée du balai de sorcière.

G. confusum, espèce à grande extension vers le Nord apparaît sur la face non ensoleillée du fuseau.

Nous n'avons trouvé nulle part de telles précisions sur les influences climatiques.

5° Les études phénologiques et d'anatomie phénologique nous ont permis de préciser les moments les plus favorables aux infections : cuticule mince peu différenciée, points de sensibilité en rapport avec les points de croissance des feuilles (sinus, dents...). Nous nous sommes inspiré pour cela de la méthode FLECKINGER et nous l'avons généralisée dans ses rapports avec la Pathologie végétale.

6° Nous confirmons l'utilité de l'étude morphologique des cellules pseudopériodiales pour la détermination du stade écidien.

7° Mise au point d'une technique nouvelle d'inoculation. Cette technique réalisée *in situ* nous a permis de préciser les conditions naturelles nécessaires. Cependant il serait intéressant de pouvoir réaliser un microclimat favorable contrôlable.

8° L'étude sur le terrain et le relevé des hôtes et de leurs parasites nous ont permis de circonscrire les problèmes. Nous avons, par exemple, limité nos prospections au voisinage de *Pyrus amygdaliformis* très infecté par *G. fuscum* ; ainsi *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* et en particulier ce dernier ont été trouvés porteurs de cette espèce que nous avons pu contrôler expérimentalement. Cet aspect géographique est nouveau pour les *G.*, pour notre région.

B. — Conséquences sur le rôle économique des *Gymnosporangium* méditerranéens

La réalisation de cycles et les précisions sur les dates possibles d'infection des Rosacées, en relation avec les conditions météorologiques, permettent d'envisager les possibilités de lutte dans les cas d'attaques d'arbres cultivés (Poirier, Cognassier) grâce aux fongicides modernes efficaces à condition de tenir compte des cycles et des influences du milieu à l'instar de ce qui a été fait pour les tavelures.

Les mesures prises autrefois tendant à supprimer l'hôte intermédiaire (hôte primaire, dans le cas des *G.* : *Juniperus*) ne présentent une efficacité que dans le cas de voisinage immédiat. En effet, les transports de basidiospores peuvent avoir lieu à de grandes distances ; de plus, la quantité de Genévriers spontanés de notre région rend leur suppression impossible. D'ailleurs des traitements appropriés protègent efficacement les arbres contre ces parasites.

* * *

C'est le point où nous ont mené, à ce jour, nos recherches. Cependant de nombreux points méritent encore d'être approfondis.

Des études cytologiques donneraient des indications quant à la valeur des espèces. On se trouverait en présence d'un certain nombre de races que certains auteurs ont déjà entrevues (FISCHER, JORSTAD...). BERLINER et OLIVE ont montré que les nombres chromosomiques de plusieurs espèces américaines (*G. clavipes*, *G. transformans*, *G. nidus-avis*, *G. juniperi-virginianae*) sont les mêmes ($n = 8$).

De nombreux essais entrepris pour cultiver les Urédinées sur milieu artificiel se sont avérés infructueux. Les cultures du parasite sur culture de tissu (MOREL, HOTSON) ont donné quelques indications, mais demandent à être étendues. De telles techniques permettraient de préciser les besoins de ces parasites et par suite feraient connaître la nature de leurs préférences biologiques.

Enfin, le parasitisme des *Gymnosporangium* sur des hôtes appartenant à des familles très éloignées (Cupressacées et Rosacées) suggère le problème de l'existence de relations entre ces familles (relations sérologiques en particulier).

Laboratoire de Botanique et Pathologie Végétale
Centre de Recherches agronomiques
du Midi
École Nationale d'agriculture
Montpellier

BIBLIOGRAPHIE

- AINSWORTH (G. C.), et BISBY (G. R.), 1950. — A dictionary of the fungi, 3^e édit., 447 p., 138 fig., *Com. Myc. Inst. Kew*.
- AKAI (S.), 1950. — Studies on the pathological anatomy of Fungus galls of plants. *Mem. of the college of agric., Kyoto Univ.*, n° 58 (*Phytopathological series*, n° 10, August 1950, p. 1-60, 4 pl., 29 fig.). Bibl. import.
- AKAI (S.), 1951. — On the Anatomy of necrotic lesions on leaves and stems of plants affected by pathogenic fungi. *Mem. of coll. agric. Kyoto Univ.*, n° 61, nov. (*Phytopathological series*, n° 11), 30 p., 24 fig.
- ALEXOPOULOS (G. J.), 1952. — Introductory mycology, 1 vol., 482p., 187 fig., New-York, Wiley and Sons.
- ALLORGE (P.), 1922. — Les associations végétales du Vexin français. *Rev. gén. Bot.*, **33-34**, 342 p., 37 fig., 16 pl., 1 carte.
- ARBOIS de JUBAINVILLE (A. d') et VESQUE (J.), 1878. — Les maladies des plantes cultivées, des arbres forestiers et fruitiers, 1 vol., 328 p., 7 pl. col. Paris, Rothschild.
- ARNAUD (G.), 1951. — Les boucles mycéliennes des Eumycètes et la philogénie des Urédinées. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **67**, p. 173-198, 5 pl.
- ARNAUD (G. et Mad.), 1923. — Notes de Pathologie II. *Rev. Path. Veg. Ent. Agr.*, **10**, p. 154-161.
- ARNAUD (G. et Mad.), 1931. — Traité de Pathologie Végétale, 2 vol., 1 Atl., 1830 p. Paris, Lechevalier.
- ARNAUD (G.), FOEX (E.) et REY (P.), 1906. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques, 37 p., Montpellier, Coulet et Fils, édit.
- ARTHUR (J. C.), 1903. — Problem in the study of plant rusts. *Bull. Torr. Bot. Club.*, **30**, p. 1-18.
- ARTHUR (J. C.), 1906. — Eine auf Struktur und Entwicklungsgeschichte begündete Klassifikation des Uredineen. Résultats scientifiques du Congrès International de Botanique de Vienne, p. 331-348.
- ARTHUR (J. C.), 1928. — Progress of rust studies. *Phytopath.*, **18**, 8, p. 659-674.
- ARTHUR (J. C.), 1934. — Manual of the rusts in United States and Canada, 1 vol., 438 p., 487 fig., 1 carte. *Purdue Res. Found.*, Lafayette, Ind.
- ARTHUR (J. C.), KERN (F. D.), ORTON (C. R.), FROMME (F. D.), JACKSON (H. S.), MAINS (E. B.) et BISBY (G. R.), 1929. — The plant rusts, 1 vol., 446 p., 186 fig. New-York, Wiley and Sons.
- BAKER (K. F.), 1951. — Moisture and diseases. *Florists' Review*, **108**, n° 2798, p. 15-16, 46-51, July 12.
- BALD (J. G.), 1952. — Stomatal droplets and the penetration of leaves by plant pathogens. *Amer. Journ. Bot.*, **39**, 2, p. 97-99.
- BARY (A. de), 1853. — Untersuchungen über die brandpilze und die durch sie Verursachten Krankheiten der Pflanzen, 1 vol., 144 p., 8 pl. Berlin.
- BARY (A. de), 1863. — Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, sér. 4, **20**, p. 5-148, pl. 1-13.
- BARY (A. de), 1866. — Nouvelles observations sur les Urédinées (2^e mémoire) (traduction Tulasne). *Ann. Sc. Nat. Bot.*, sér. 5, **5**, p. 262-274, 1 pl.
- BAUDYS (E.), 1911. — Epidemisches Auftreten der Uredineen im Jahre 1910 in Nordostböhmen. *Zeit. f. Pflanzenkr.*, **21**, p. 287-288.
- BAXTER (D. V.), 1943. — Pathology in forest practice, 1 vol., IX, + 618 p., 232 fig. New-York, Wiley.
- BENLLOCH (M.), 1928. — La Roya del Peral. *Bol. Pat. veg. y Ent. agric.*, **3**, 12-14, p. 156-160, 4 fig.
- BERLINER (M. D.), 1954. — A study of meiosis and the effects of certain antibiotics upon meiosis in Gymnosporangium. *Amer. J. Bot.*, **41**, n° 2, p. 93-104.

- BERLINER (M. D.) et OLIVE (L. S.), 1953. — Meiosis in Gymnosporangium and the cytological effects of certain antibiotic substances. *Science*, **117**, n° 3050, p. 652-653.
- BERNAUX (P.), 1947. — Note préliminaire à l'étude de l'évolution des tumeurs écidiennes de Gymnosporangium sabinae dans la région méditerranéenne. *Ann. Epiph.*, **13**, p. 187-192, 2 graph.
- BERNAUX (P.), 1950. — Essai sur le parasitisme dans ses rapports avec l'évolution du tapis végétal en Costière nîmoise. *Mém. soc. Etud. Sc. Nat. Nîmes*, n° 7, 46 p., 1 pl.
- BERNAUX (P.), 1952. — Contribution à l'étude de la Pathologie végétale méditerranéenne. *Rev. Mycol.*, **17**, p. 109-140, 2 pl.
- BESSEY (E. A.), 1952. — Morphology and Taxonomy of fungi, 1 vol., 791 p., 210 fig.
- BIERS (P.), 1923. — Champignons observés aux environs de Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne). *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, 47^e session, Bordeaux, p. 508-516, partic., p. 513.
- BILLANGE (A.), 1942-1943. — La garrigue de Nîmes. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, 1942, **13**, fasc. 2, p. 69-170 (Climatologie, p. 137-153), 1943, **14**, fasc. 1, p. 16-143, fasc. 2, p. 156-211.
- BISBY (G. R.), 1917. — The short-cycled Uromyces of North America. C. R. in *Phytopath.*, **7**, p. 74.
- BISBY (G. R.), 1953. — An introduction to the taxonomy and nomenclature of fungi, 1 vol., 2^e édit., 143 p. *Kew. Comm. Myc. Inst.*
- BJELCIC (Z.), 1948. — Gymnosporangium clavariaeforme Jacq. na Cotoneaster, u. integerrima mad. *Ann. Inst. Biol. Sarajevo*, **1**, p. 61 (C. R. in *R. A. M.*, 1951, 3, p. 163).
- BLACKMANN (V. H.), 1904. — On the Fertilization, alternation of generations and general cytology of the Uredineae. *Ann. Bot.*, **18**, p. 323-379, 4 pl.
- BLACKMANN (V. H.) et FRASER (H.), 1906. — Further studies on the sexuality of the Uredineae. *Ann. Bot.*, **20**, p. 35-48, 2 pl.
- BLISS (D. E.), 1931. — Physiologic specialization in Gymnosporangium. C. R. in *Phytopath.*, **21**, p. 111.
- BLISS (D. E.), 1933. — The pathogenicity and seasonal development of Gymnosporangium in Iowa. *Agric. expt. Sta. Iowa, Res. Bull.*, 166, p. 340-392, 21 fig.
- BLONDEL (R.), 1941. — La végétation forestière de la région de St-Paul près de Montpellier. Lausanne, 1941.
- BOYCE (J. S.), 1918. — Perennial mycelium of Gymnosporangium blasdaleanum. *Phytopath.*, **8**, p. 161-162.
- BOYER (G.) et JACZEWSKY (A. de), 1894. — Matériaux pour la flore mycologique des environs de Montpellier. *Ann. Ec. Nat. Agric., Montpellier*, **8**, p. 179-224.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1915. — Les Cévennes Méridionales, 208 p. Genève.
- BRAUN-BLANQUET (J.), 1933. — Catalogue de la flore du Massif de l'Aigoual et des contrées limitrophes. *Mém. Soc. Et. Sc. Nat. Nîmes*, n° 4, 352 p.
- BRAUN-BLANQUET (J.), ROUSSINE (M^{me} N.), et NÈGRE (R.), 1952. — Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C. N. R. S., Service de la Carte des groupements végétaux, 297 p., 16 pl.
- BREISTOFFER (M.), 1952. — Les limites septentrionales d'extension de la flore méditerranéenne dans la Drôme et l'Ardèche. *Mém. Soc. Bot. France*, p. 75-100.
- BREMER (H.), 1951. — Zur Epidemiologie des Gitterrostes an den Birnbäumen in der Türkei. *Sydowia*, **5**, 1-2, p. 13-22.
- BREMER (H.), ISMEN (H.), KAREL (G.), ÖZKAN (H. et M.), 1947. — Beiträge zur Kenntniss der parasitischen Pilze der Türkei II. Basidiomycetes. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul. B*, **12**, fasc. 4, p. 307-334.
- BREMER (H.), KAREL (G.), BIYIKOGLU (K.), GOKSEL (N.) et PETRAK (F.),

1952. — Beitrage zur Kenntniss der parasitischen Pilze der Türkei V. Basidiomycetes II. *Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul*, B, **17**, fasc. 2, p. 161-181.
- BRESADOLA (J.), 1903. — Diagnoses fungorum novorum. *Broteria*, vol. 2, p. 87-92.
- BREVIÈRE (L.), 1903. — Contribution à la flore mycologique de l'Auvergne. *Bull. Acad. Intern. Géogr. Bot.*, 12^e ann., n° 164, 1^{er} juillet, p. 337-352 et n° 165-166, 1^{er} août-1^{er} septembre, p. 409-421.
- BRIOSI (G.), 1912. — Rassegna crittogamica dell'anno 1911, con notizie sulle malattie dei melilotti dei latiri, del fieno greco, del trifoglio giallo cec. dovute a parassiti vegetali. *Boll. min. agric. ind. e comm.*, **11**, sér. C, p. 30-40 (C. R. in *Mycol. Central.*, **4**, p. 45).
- BRIOSI (G.) et CAVARA (F.), 1888-1908. — I funghi parassiti delle piante coltivate od utili, essiccati, delineati e descritti. 17 fasc., 425 éch.
- BRONGNIART (A. T.), 1824. — Essai d'une classification naturelle des champignons, 99 p., 8 pl.
- BRONGNIART (A. T.), 1867. — Podizoma. *Ann. agric. Fr.*, 5^e sér., **30**.
- BROWN (A. M.), 1940. — The sexual behaviour of several plant rusts. *Canadian Journ. Res.*, C, **18**, p. 18-25, 3 pl.
- BUBAK (F. R.), 1902. — In Böhmen im Jahre 1900 und 1901, aufgetrende Pflanzenkrankheiten. *Zeits. f. landw. versuch. in Osterreich*. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1904, **14**, p. 92).
- BUBAK (F. R.), 1908. — Die Pilze Bohmens I teil, Rostpilze, 233 p., Prag. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.* 1909, **19**, p. 482).
- BULLER (A. H. R.), 1924. — Research on fungi. *Science*, **63**, n° 1640, p. 571-572.
- BULLER (A. H. R.), 1941. — The flexuous hyphae of *Puccinia graminis* and other Uredinales. C. R. in *Phytopath.*, **31**, p. 4.
- BULLER (A. H. R.), 1950. — Researches on fungi VII. The sexual process in the Uredinales. The University of Toronto press., XX, 458 p., 124 fig.
- BUTLER (E. J.) et JONES (S. G.), 1949. — Plant pathology, 1 vol., 979 p., 435 fig. London, Mac Millan and Co.
- CAMUS (F.), 1910. — A propos du *Juniperus communis*. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **57**, p. 225-231, 261-266.
- CANDOLLE (A. P. de), voir LAMARCK (J. de) et CANDOLLE (A. P. de).
- CARLETON (M. A.), 1893. — Studies in the biology of the Uredineae. I notes on germination. *The Bot. Gaz.*, **18**, p. 447-457, pl. 37-39.
- CARRIÈRE (E. A.), 1867. — Traité Général des Conifères, 2 vol., 910 p., Paris.
- CECCHI (G.), 1942. — Un caso di ruggine del pero. *Riv. d. R. Soc. Tosc. Ort.* Firenze, **27**, n° 1-2, p. 24-26.
- CELOTTI (L.), 1887. — Miceti del parco et dintorno della Scuola nazionale di agricoltura di Montpellier, 1 vol., 37 p., 6 fig. Conegliano.
- CHABOISSEAU (Abbé), 1881. — Note sur les *Viscum album* L. et *laxum* B. et R. et sur l'*Arceuthobium oxycedri*. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **28**, p. 6-8.
- CHABROLIN (Ch.) et GUYOT (A. L.), 1939. — Contribution à l'étude des Uredinées parasites de la flore tunisienne, I. *Uredineana* I, p. 3-26.
- CHADEFAUD (M.), 1944. — Biologie du champignon. 1 vol., 267 p. Paris, Gallimard.
- CHAPTAL (L.), 1923. — Le régime des pluies à Montpellier ; ses caractères, ses conséquences. Congrès de l'eau, Montpellier, p. 11-22, 3 graph.
- CHAPTAL (L.), 1928. — Les caractéristiques du climat de Montpellier. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, **49**, Fasc. 2, p. 101-130.
- CHAPTAL (L.), 1929. — L'utilisation des données climatiques dans la recherche agronomique. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, p. 86-92.
- CHAPTAL (L.), 1931. — La mesure de la pluie en Climatologie agricole. *Ann. Agr.*, p. 223-245.
- CHAPTAL (L.), 1932. — Comment peut-on définir et étudier les climats locaux. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, **3**, fasc. 2, p. 49-63.

- CHAPTAL (L.), 1940. — Contribution à l'étude du Phytoclimat. *Ann. Epiph. et de Phytogen.*, **6**, p. 133-144.
- CHAPTAL (L.), 1944. — Sur un mode de détermination des périodes de sécheresse et des périodes d'humidité. *Ann. Agron.*, **14**, p. 443-453.
- CHARENTE-INFÉRIEURE. — Voir Société des Sciences Naturelles de la Charente Inférieure.
- CHASSANT (M.), 1902. — Les chutes de neige sous le climat méditerranéen (1893-1901). *Bull. Météor. Hérault*, p. 34-75.
- CHASSANT (M.), 1903. — Les gelées de printemps sous le climat méditerranéen (1893-1902). *Bull. Météor. Hérault*, p. 35-66.
- CHASSANT (M.), 1904. — Le régime des pluies et vents pluvieux à Montpellier (1873-1903). *Bull. Météor. Hérault*, p. 33-69.
- CHATEL (V.), 1862. — Note sur « la maladie des Poiriers ». *Ann. Agric. Fr.*, 5^e série, **20**, p. 154.
- CHESTER (K. S.), 1942. — The nature and prevention of plant diseases, 1 vol., 584 p., 207 fig. Philadelphia, The Blakiston Co.
- CHEVALIER (A.), 1953. — L'origine des Poiriers et Pommiers sauvages de nos forêts et la part qu'ils ont prise dans la formation des variétés cultivées. *Rev. Bot. Appl. Agric. Trop.*, n° 373-374, p. 583-585.
- CHEVALIER (F. F.), 1826. — Flore générale des environs de Paris, 3 vol., 1654 p., 10 pl., **1**, p. 422-424, Gymnosporangiées. Paris, Ferra Jeune.
- CIFERRI (R.), 1941. — Manuale di Patologia vegetale, 1 vol., 730 p., 256 fig. Rome.
- COPPEY (A.), 1910. — Sur les causes de la dispersion du *Juniperus communis* L. dans la région des Vosges. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **57**, Session Alpes Maritimes, p. XXIX-XXXIV.
- CORDA (A. C. I.), 1837-1854. — Icones fungorum, I-VI. Prague.
- CORNU (M.), 1874. — *Roestelia cancellata* sur Poirier. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **21**, p. 33.
- CORNU (M.), 1878 a. — Générations alternantes des *Podisoma*, forme spéciale du *Roestelia lacerata*. *Ass. fr. avanc. Sc. Paris*, p. 698-703.
- CORNU (M.), 1878 b. — Présence du *Podisoma juniperi sabinæ* sur le *Juniperus virginiana* et sur divers autres *Genévriers*. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **25**, p. 122-125.
- CORNU (M.), 1878 c. — Notes et remarques sur les Urédinées : *Roestelia* se montrant en dehors de la saison ordinaire. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **25**, p. 221-224. *G. clavariaeforme* sur *J. oxycedrus* à Launac près de Montpellier.
- CRAIGIE (J. H.), 1927 a. — Experiments on sex in rust fungi. *Nature*, **120**, n° 3012, p. 116-117.
- CRAIGIE (J. H.), 1927 b. — Discovery of the function of the pycnia of the rust fungi. *Nature*, **120**, n° 3030, p. 765-767.
- CRAIGIE (J. H.), 1928 a. — Heterothallism in the rust fungi. *C. R. in Phytopath.*, **18**, p. 147.
- CRAIGIE (J. H.), 1928 b. — On the occurrence of pycnia and aecia in certain rust fungi. *Phytopath.*, **18**, p. 1005-1016.
- CRAIGIE (J. H.), 1931. — An experimental investigation of sex in the rust fungi. *Phytopath.*, **21**, p. 1001-1040.
- CRAIGIE (J. H.), 1933. — Union of pycniospores and haploid hyphae in *Puccinia helianthi* Schw. *Nature*, **131**, p. 25.
- CRAIGIE (J. H.), 1942. — Heterothallism in the rust fungi and its significance. *Trans. Roy. Soc. Can.*, sér. 3, sect. V, **36**, p. 19-39, 7 pl. (C. R. in R. A. M. 1943, p. 293).
- CRITOPOULOS (P. D.), 1953. — A contribution to the fungus flora of Greece. *Bull. Torr. Bot. Club.*, **80**, p. 325-341, 6 fig., C. R. in R. A. M., 1953, **32**, p. 645.
- CROWELL (I. H.), 1934. — Fungicidal control of *Gymnosporangium juniperi-virginianæ* and related species. C. R. in *Phytopath.*, **24**, p. 25.

- CROWELL (I. H.), 1940 a. — The geographical distribution of the genus *Gymnosporangium*. *Canad. J. Res.*, sect. C., **18**, 9, p. 469-488, 43 cart.
- CROWELL (I. H.), 1940 b. — New species of *Gymnosporangium*. *Canad. J. Res.*, sect. C., **18**, p. 10-12.
- CRUCHET (D.), MAYOR (E.) et CRUCHET (P.), 1911. — Contribution à la Flore mycologique du Valais. *Bull. La Murithienne*, **37**, 10 p.
- CRUCHET (D.), MAYOR (E.), et CRUCHET (P.), 1913. — Herborisations mycologiques en Valais (1912-1913). *Bull. la Murith.*, **38**, p. 24-43.
- CRUCHET (D.), MAYOR (E.) et CRUCHET (P.), 1916. — Herborisations mycologiques en Valais (1915). *Bull. la Murith.*, **39**, p. 212-224.
- CUMMINS (G. B.), 1943. — Uredinales from the Northwest Himalaya. *Mycologia*, **35**, p. 446-458.
- DAFERT (F. W.) et KORNAUTH (K.), 1907. — In Österreich im Jahre 1905 Aufgetretene Krankheiten. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **17**, p. 36.
- DANGEARD (P. A.), 1892. — Les maladies du Pommier et du Poirier. *Le Bot.*, fasc. 2-3, p. 81-84, 10 pl.
- DANGEARD (P. A.), 1894. — Recherches sur la reproduction sexuelle des champignons. *Le Bot.*, 3^e sér. janvier, p. 221-281, 4 pl.
- DANGEARD (P. A.), 1895. — La reproduction sexuelle chez les basidiomycètes. *Le Bot.*, 4^e sér., fasc. 3, janvier, p. 88-90, fasc. 4-5, août, p. 119-166.
- DANGEARD (P. A.), 1900. — Reproduction sexuelle des champignons. *Le Bot.*, 7^e sér., fasc. 3-4, mai, p. 89-130.
- DANGEARD (P. A.), 1903. — Nouvelles considérations sur la reproduction sexuelle des champignons supérieurs. *Le Bot.*, 9^e sér., fasc. 1, déc., p. 35-46.
- DANGEARD (P. A.) et SAPPIN-THOUFFY (P.), 1893. — Urédinées, 1^o Recherches histologiques ; 2^o Pseudofécondation chez les Urédinées. *Le Bot.*, 3^e sér., fasc. 4, juin, p. 119-125.
- DECKENBACH (K. N.), 1927. — Pear rust-G. sabinae and its control under conditions existing in the Crimea. *Material for Mycol. and Phytopath.* ; Leningrad, 6, I, p. 68-91 (C. R. in *R. A. M.* 1928, p. 251-252).
- DECROCK (E.), 1912. — Le bois de Lansac ; contribution à l'étude de la végétation du plan du Bourg (Bouches-du-Rhône). *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, Nîmes, p. 399-401.
- DESMAZIÈRES (J. B. H. J.), 1847. — Quatorzième notice sur les plantes cryptogames récemment découvertes en France. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 3^e sér., **8**, p. 9-37.
- DIETEL (P.), 1893. — Progrès de nos connaissances sur les Urédinées. *Bot. Centr.*, **47**, p. 15.
- DIETEL (P.), 1895. — Über die Unterscheidung von *Gymnosporangium juniperinum* und *tremelloides*. *Forst. Zeits.*, **4**, p. 346-349.
- DIETEL (P.), 1911-1921. — Versuche über die Keimungsbedingungen der teleutosporen einiger Uredineen. *Centr. Bakt.*, II, 31, p. 95-106, 35, p. 272-285 (1912) ; III, 42, p. 698-705 (1915) ; IV, 54, p. 215-219 (1921).
- DIETEL (P.), 1928. — In Engler Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien VI, p. 24-98. Leipzig.
- DODGE (B. O.), 1915. — The effect of the host on the morphology of certain species of *Gymnosporangium*. *Bull. Torr. Bot. Club*, **42**, p. 519-542.
- DODGE (B. O.), 1918. — Studies in the Genus *Gymnosporangium*. I. Notes on the distribution of the mycelium, buffer-cells and the germination of the ecidiospores. *Brooklyn Bot. Gard. Mem.* 1, p. 128-140, 1 pl.
- DORAN (W. L.), 1919. — The minimum, optimum and maximum temperatures of spores germination in some Uredinales. *Phytopath.*, **9**, p. 391-402.
- DUBY (J. E.), 1830. — Aug. Pyrami de CANDOLLE, Botanicon gallicum seu synopsis plantarum in flora gallica descriptorum. Editio secunda. Ex. herbariis et schedis Candollianis propisque digestum. Pars 1, p. 1-544, Phanérogames ; Pars 2, p. 545-1068, Cryptogames.

- DUCOMET (V.), 1907. — Recherches sur le développement de quelques champignons parasites à thalle subcuticulaire. Thèse, 287 p., Rennes, Guillemin, impr.
- DUFRENOY (J.), 1918. — Les conditions écologiques du développement des champignons parasites. Étude de Géographie botanique. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **34**, p. 8-26.
- DUFRENOY (J.), 1919. — Diversité écologique et coefficients génériques. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **35**, p. 27-46.
- DUPIAS (G.), 1943 a. — Quelques Urédinées hétéroxènes de la région toulousaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **78**, p. 243-250.
- DUPIAS (G.), 1943 b. — Contribution à l'étude des Urédinées de la Haute-Garonne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **78**, p. 32-52.
- DUPIAS (G.), 1945. — Contribution à l'étude des Urédinées de la Haute-Garonne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **80**, 20 p.
- DUPIAS (G.), 1946. — Étude expérimentale d'Urédinées hétéroxènes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **81**, p. 75-80.
- DUPIAS (G.), 1951. — Contribution à l'étude de la flore urédinologique du Sud-Ouest et des Pyrénées (3^e note). *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **67**, p. 50-64.
- DUPIAS (G.), 1953. — Contribution à l'étude de la flore urédinologique du Sud-Ouest et des Pyrénées (4^e note). *Uredineana* IV, p. 229-239.
- DUPIAS (G.), 1953. — Urédinées récoltées dans la région méditerranéenne française. *Uredineana* IV, p. 241-244.
- DURAND (Eug.) et FLAHAULT (Ch.), 1886. — Les limites de la région méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **33**, session Millau, p. XXIV-XXXIII, 1 carte.
- DURAND (E. J.), 1911. — The differential staining of intercellular mycelium. *Phytopath.*, **1**, p. 129-130.
- EMBERGER (L.), 1930. — La végétation dans la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, **42**, p. 641-662, **43**, p. 705-721.
- EMBERGER (L.), 1933. — Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, **45**, p. 473-486.
- EMBERGER (L.), 1936. — Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. Bot. Suisse*, vol. Jubilé RUBEL, vol. 46, p. 614-631, 1 carte, 4 croquis.
- EMBERGER (L.), 1938. — Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. 1 vol., 317 p., Paris, Larose édit.
- EMBERGER (L.), 1939. — Aperçu général sur la végétation du Maroc. Extrait de E. Rubel et W. Ludi : Ergebnisse der Internationalen Pflanzengeographischen Exkursion durch Marokko und Westalgerien 1936. *Veroff. geob. Inst. Rubel in Zurich*, 14 Heft, p. 40-157, 1 cart. col.
- EMBERGER (L.), 1943. — Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **78**, p. 159-180.
- EMBERGER (L.), 1944. — Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants, 1 vol., 492 p., 457 fig. ou cartes. Paris, Masson et Cie, édit.
- ERIKSSON (J.), 1905. — On the vegetative life of some Uredineae. *Ann. Bot.*, vol. 19, p. 55.
- ERIKSSON (J.), 1913. — Les maladies cryptogamiques des plantes agricoles et leur traitement. Traduct. M^{me} Signe Hagman, 254 p. Paris, La Maison Rustique.
- ERIKSSON (J.), 1918. — Die Schwedischen Gymnosporangien, ihr Wirtswechsel und ihre Spezialisierung. *Kyl Svenska Vetenskapsakad.*, Handl. 59, p. 1-82, pl. 1-4, 2 col., fig. 1-13.
- ESAU (K.), 1953. — Plant Anatomy, 1 vol., XII, 735 p., 85 pl. New-York, Wiley and Sons.
- ESFANDIARI (E.), 1948. — Troisième liste des fungi ramassés en Iran. *Public.*

- trim. depart. génér. Protect. des plantes*, Ministère de l'Agric. Entomologie et Phytopathologie appliquées, n° 8, p. 1-12.
- ESMARCH (F.), 1935. — Weniger bekannte Blattfleckenkrankheiten der Birne. *Kranke Pflanze*, **12**, 9, p. 129-132, 1 pl. col. (C. R. in *R. A. M.* 1936; p. 103-104).
- EUDES-DESLONGCHAMPS (J. A.), 1837. — Sur le Gymnosporangium juniperi et l'oecidium cancellatum. *C. R. Séance publique Sté Linn. Normandie*, à Honfleur, p. 15-19.
- EUDES-DESLONGCHAMPS (J. A.), 1842. — Sur le Gymnosporangium juniperi et l'oecidium cancellatum. *Mém. Sté Linn. Normandie*, 1839-1842, **7**, p. XVIII-XIX.
- EUDES-DESLONGCHAMPS (J. A.), 1860. — De l'influence de la Sabine au sujet du développement de l'oecidium cancellatum. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, p. 52-54.
- FARLOW (W. G.), 1881. — The Gymnosporangia or Cedar apples of the United States. Extrait des *Anniversary memoirs* of the Boston Society of Natural history, tirage à part en brochure in-4° de 38 p., avec 2 pl.
- FERRARIS (T.), 1913. — I Parassiti vegetali delle piante coltivate od utili, 1 vol., 1032 p., 184 fig. Alba.
- FERRARIS (T.), 1903. — Materiali per una flora micologica del Piemonte. *Malpighia*, **16**, p. 3-46. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **14**, p. 232).
- FISCHER (E.), 1891. — Über Gymnosporangium sabinae Dicks. und G. confusum Plowr. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **1**, p. 193-208, 260-283, pl. 4.
- FISCHER (E.), 1891. — Recherches sur certaines espèces du genre Gymnosporangium. *Archiv. Sc. phys. et nat.*, Genève, **26**, p. 490-494.
- FISCHER (E.), 1895. — Die Zugehörigkeit von Aecidium penicillatum. *Hedwigia*, **34**, p. 1-6, fig. 1.
- FISCHER (E.), 1898. — Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Rostpilze. *Beitr. zur Krypt. Fl. Schweiz.*, **1**, p. 1-120, 2 pl.
- FISCHER (E.), 1904 a. — Fortsetzung der entwicklgsgesch. Unters. über Rostpilze, 11-13. *Ber. d. Schweizer. Bot. Ges.*, **14** (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **15**, p. 121).
- FISCHER (E.), 1904 b. — Die Uredineen der Schweiz. *Beitr. Krypt. Schweiz.*, **2**, XCIV, 590 p.
- FISCHER (E.), 1906. — Beiträge zur entwicklungsgeschichte der Uredineen. *Centr. Bakt.*, **2**, p. 139-152.
- FISCHER (E.), 1907. — Biologie der Gattung Gymnosporangium der Uredineen. *Soc. Helv. Sc. Nat. Extrait Archiv. Sc. phys. nat.*, **24**, novembre (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1909, **19**, p. 119).
- FISCHER (E.), 1909. — Studien zur Biologie von Gymnosporangium juniperinum. *Zeits. f. Bot.*, **1**, p. 682-719, 8 fig.
- FISCHER (E.), 1910. — Studien zur Biologie von G. juniperinum (zweite Mitteilung). *Zeits. f. Bot.*, **2**, p. 753-764.
- FISCHER (E.), 1917. — Mykologische Beiträge : II Eine neues Juniperus sabina bewohnendes Gymnosporangium (G. fusisporum n. sp.). *Mitteil. d. Naturforsch. Ges. in Bern.*, p. 58-74.
- FISCHER (E.), 1927. — Étude expérimentale de quelques Urédinées de la région méditerranéenne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **18**, fasc. 8, p. 190-196.
- FISCHER (E.), 1928. — Ueber weitere Versuche mit dem auch Juniperus phoenicea auftretenden Gymnosporangium confusum. *Mitt. Naturforsch. Ges. Bern.*, 1 p. (C. R. in *R. A. M.*, 1928, p. 813).
- FISCHER (E.), 1929. — Ueber das Ergebniss eines Infektionsversuches mit den mediterranen G. gracile. *Mitt. Naturforsch. Ges. Bern.*, p. XXXII.
- FISCHER (E.), 1930. — Ueber einige Kleinarten von Gymnosporangium und ihre Einwirkung auf den Wirt. *Zeits. f. Bot.*, 23 band, p. 163-182.
- FISCHER (E.), 1930. — Ueber die durch parasitische Pilze (besonders Uredi-

- neen) hervorgerufenen Missbildungen. *Verhandl. Schweiz. naturforsch. Ges.* 89.
- FISCHER (E.), 1931. — Die Beziehungen zwischen *Gymnosporangium confusum* Plow. auf *Juniperus sabina* und *J. phoenicea*. *Ber. d. Schweiz. Bot. Ges.* 40, p. 1-8.
- FISCHER (H.), 1949. — Der Gitterrost der Birnbäume und seine Bekämpfung. *Schweiz. Z. obst. und Weinb.*, 57, p. 359-362, 3 fig. (C. R. in R. A. M., 1949, p. 578).
- FISCHER (R.), 1932. — Ueber den Einfluss des jährlichen Witterungsverlaufes auf die Frequenz von Pflanzenkrankheiten. *Phytopath. Zeits.*, 5, p. 55-74, 7 graph. (C. R. in R. A. M., 1932, p. 799).
- FLAHAULT (Ch.), 1937. — La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française, 1 vol., 178 p., 4 cart., Paris, Lechevalier, édit., *Encycl. Biol.* XVIII.
- FLECKINGER (J.), 1946. — Importance des observations phénologiques en arboriculture fruitière. *Bull. Soc. Nat. Hort. Fr.*, 13, p. 78-81.
- FLECKINGER (J.), 1948. — Tableau n° 1. Stades-repères du Poirier ; tableau n° 2. Stades-repères du Pommier. Ministère de l'Agriculture, I. N. R. A. S. P. V.
- FOËX (E.), 1902. — Notes météorologiques et agricoles (1901). *Bull. Météor. Hérault*, p. 76-95.
- FOËX (E.), 1903. — Notes météorologiques et agricoles (1902). *Bull. Météor. Hérault*, p. 67-98.
- FOËX (E.) et REY (P.), 1904. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques (1903), 41 p. Montpellier, Serre et Roumegous.
- FOËX (E.) et REY (P.), 1905. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques (1904), 44 p. Montpellier, Serre et Roumegous.
- FOËX (E.) et REY (P.), 1907. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques (1906), 27 p. Montpellier, Serre et Roumegous.
- FRAGOSO (R. G.), 1917. — Introduccion al estudio de la florula de micromicetos de Cataluna. *Musei Barcin. Sc. Nat. Opera Bot.*, Museo martorell Barcelona, 187 p.
- FRAGOSO (R. G.), 1923. — Contribucion a la flora micologica lusitanica. *Bol. Soc. Brot. Coimbra*, 2, p. 1-83.
- FRAGOSO (R. G.), 1924. — Flora Iberica. Uredales, 2 tomes, Museo Nac. Ciencias naturales Madrid, 1, 416 p., 2, 421 p.
- FRANÇAIS (J.), 1933. — Observations mycologiques et essais microphotographiques. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric.*, 20, fasc. 6-7, p. 261-268, 2 pl.
- FRIES (E. M.), 1832. — *Systema mycologicum*, vol. 3, section 2. *Gryphiswaldiae*.
- FROMME (F. D.), 1914. — The morphology and cytology of the *Aecidium cup.* *Bot. Gaz.*, 58, p. 1-35, 2 pl.
- FUKUSHI (T.), 1925. — Studies on the apple rust caused by *Gymnosporangium yamadae* M. *Journ. Coll. Agric. Hokkaido*, 15, 5, p. 269-307, 4 pl. (in Togashi, 1949).
- GATIN (C. L.), 1924. — Dictionnaire Aide-mémoire de Botanique, 842 p., Paris, Lechevalier, édit.
- GÄUMANN (E.), 1925. — Comparative morphology of fungi. (Traduction anglaise par Dodge, C. W.), 701 p. New-York, Mc Graw-Hill.
- GÄUMANN (E.), 1946. — Pflanzliche Infektionslehre, 1 vol., 611 p., 311 fig. Basel, Verlag Birkhauser.
- GÄUMANN (E.), 1951. — Pflanzliche Infektionslehre, 2^e édit., 1 vol., 681 p., 466 fig. Basel, Verlag, Birkhauser.
- GÄUMANN (E.), 1954. — *Uromyces sedi* n. sp. *Rev. Mycol.* XIX, fasc. 3, p. 250-254 ; l'Auteur cite dans cet article la découverte en France du *G. Gaumanni* Z.
- GAUSSEN (H.), 1937. — Les résineux des Pyrénées françaises. *Rev. Géogr. Pyr. et du Sud-Ouest*, 8, fasc. 2, p. 184-206, 4 fig., 3 cart.

- GAUSSEN (H.), 1950. — Les conifères ornementales. *Ann. Soc. Hort. Hte-Gar.*, n° 13, 5^e sér., p. 163-171.
- GAUSSEN (H.), 1952. — Les résineux d'Afrique du Nord. *Rev. Int. Bot. Appl.*, **32**, n° 361-362, p. 505-532.
- GENEAU de LAMARLIÈRE (L.), 1898. — Sur les mycocécidies des *Roestelia*. *Rev. Gén. Bot.*, **10**, p. 225-237, 276-288, 2 pl.
- GENEAU de LAMARLIÈRE (L.), 1905. — Sur les mycocécidies des Gymnosporangium. *Ann. Sc. Nat.*, 9^e sér., **2**, p. 313-350.
- GEORGE (C. F.), 1953. — Glossary. *The Yearbook of agriculture*, p. 897-907, U. S. Dept. of agric., Washington D. C.
- GESLIN (H.), 1947. — La caractérisation des climats locaux. C. R. *Conférences. Pédologie méditerranéenne*, Alger-Montpellier, p. 37-84.
- GIDDINGS (N. J.) et BERG (A.), 1914. — Field studies of apple rust. C. R. in *Phytopath.*, **4**, p. 401.
- GIORGO (V.), 1948. — Prova di inoculazione biologica di ecidioconidi di *Anchusa undulata* sul Segala. *Boll. Staz. Pat. veg.* Roma, sér. 3, 6, p. 181-183 (C. R. in R. A. M. 1951, p. 365).
- GONÇALVES da CUNHA (A.), 1936. — Uredineas de Portugal. *Bol. Soc. Brot.*, vol. II, 2^e sér., p. 169-264.
- GRAM (E.) et WEBER (A.), 1952. — Plant diseases in orchard, nursery and garden crops. (Trad. R. W. G. DENNIS). 618 p, 349 fig. London, MacDonald and Co.
- GROVE (W. B.), 1913. — The british rust fungi. Biology and classification, 1 vol., 412 p., 290 fig. Cambridge.
- GUERCIO (G. Del) et BARONI (E.), 1894. — Osservazioni biologiche sul Gymnosporangium Oerst. *Bull. Soc. Bot. Ital.*, p. 71-72 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1895, **5**, p. 218).
- GUFFROY (C.), 1910. — Observations à la suite de l'article de F. CAMUS. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, p. 225-231 (sur *Juniperus communis*).
- GUFFROY (C.), 1939. — Glanules mycologiques II. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **55**, fasc. 2, p. 159-165.
- GUINIER (P.) et MAIRE (R.), 1908. — Rapport sur les excursions de la Société Botanique de France en Lorraine (juillet-août 1908). *Bull. Soc. Bot. France*, **55**, session extraordinaire, Vosges, p. LXXIX-CL.
- GUYOT (A. L.), 1931. — Les balais de sorcière. *La Nature*, n° 2 854, p. 304-306, et n° 2 855, p. 341-348, fig.
- GUYOT (A. L.), 1951. — Contribution à l'étude des Urédinées du sud-est de la France ; II. Uredineana II, 1946, p. 21-45 ; III. Uredineana III, 1951, p. 69-85 ; IV. Uredineana III, 1951, p. 86-112.
- GUYOT (A. L.), 1953. — Contribution à l'étude des Urédinées parasites de la flore tunisienne. Uredineana IV, 1953, p. 355-372.
- GUYOT (A. P.), 1942. — Contribution à l'étude du *Juniperus phoenicea* L. Thèse Pharmacie Toulouse, n° 92, 1 vol., 72 p., 17 fig., 1 carte. Extrait sous le titre : Structure de *J. phoenicea* in *Travaux du Lab. Forestier de Toulouse*, **1**, vol. 3, art. XVIII, p. 1-44.
- GWYNNE-VAUGHAN (H. C. I.) et BARNES (B.), 1951. — The structure and development of the fungi. Cambridge University Press., 2^e édit.
- HANNA (W. F.), 1931. — Nuclear association in the aecium of *Puccinia graminis*. C. R. in *Phytopath.*, **21**, p. 107.
- HARIOT (P.), 1891. — Contribution à la flore des Ustilaginées et Urédinées de l'Auvergne. *Rev. Mycol.*, p. 117-123.
- HARIOT (P.), 1901. — Énumération des champignons récoltés en Corse jusqu'à l'année 1901. *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, 30^e session, Ajaccio, p. 448-457.
- HARIOT (P.), 1908. — Les Urédinées, 1 vol., 392 p., 47 fig. Paris, Doin.
- HARTIG (R.), 1891. — Traité des maladies des arbres, 2^e édit., trad. en français par GERSCHEL et HENRY, 1 vol., 316 p., 137 fig. Berger-Levrault, édit.

- HEIM (R.), 1927. — Fungi Brigantiani (2^e sér.). *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **43**, fasc. 1, p. 59-94.
- HEIM (R.), 1928. — Les champignons des Alpes in Contribution à l'étude des peuplements des hautes montagnes. *Soc. Biog.* II, p. 230-251. Paris, Lechevalier.
- HENDERSON (I. F.) et HENDERSON (W. D.), 1949. — A dictionary of scientific terms, 4^e édit. par J. H. KENNETH, 1 vol., 480 p. Edinburgh, Oliver and Boyd.
- HICKEL (R.), 1932. — Dendrologie forestière, 1 vol., 255 p., 25 pl. Paris, Lechevalier, *Encycl. Econ. Sylvic.* V.
- HIRATSUKA (N.), 1935. — Uredinales collected in Corea I. *Bot. Mag. Tokio*, **49**, n° 579, p. 145-152 (C. R. in *R. A. M.* 1937, p. 533).
- HIRATSUKA (N.), 1936. — Inoculation experiments with heteroecious species of the Japanese rust fungi III. *Bot. Mag.*, **1**, n° 592, p. 213-216 (C. R. in *R. A. M.* 1936, p. 609).
- HIRATSUKA (N.), 1936. — Gymnosporangium of Japan I-V. *Bot. Mag.*: vol. 50, n° 597, p. 481-488, n° 598, p. 549-585, 1 pl., n° 599, p. 593-599, n° 600, p. 661-668, 1 pl., vol. 51, n° 601, p. 1-8.
- HOTSON (H. H.), 1952. — Studies on the physiology of the rust fungi. *Diss. abstr.*, **12**, fasc. 3, p. 246, C. R. in *R. A. M.* 1953, **32**, p. 272.
- HOTSON (H. H.) et CUTTER (V. M.), 1951. — The isolation and culture of Gymnosporangium juniperi-virginianae Schw. upon artificial media. *Proc. Nat. Acad. Sc. Wash.*, **37**, 7, p. 400-403.
- HOUDAILLE (F.), 1890. — Le régime des pluies dans le département de l'Hérault. *Bull. Météor. Hérault*, p. 37-51, 1 carte.
- HOUDAILLE (F.), 1890. — Le régime des vents à Montpellier. *Bull. Météor. Hérault*, p. 53-76.
- HUTCHINSON (W. G.), 1936. — A method for staining rust mycelium in woody tissues. *Phytopath.*, **26**, 3, p. 293.
- HY (Abbé F.), 1910. — Observations sur le Juniperus communis. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **57**, p. 534-538.
- HYLANDER (N.), JORSTAD (I.), NANNFELDT (J. A.), 1953. — Enumeratio uredinearum Scandinavicarum. *Opera Botanica*, Stockholm, **1**, fasc. 1, p. 1-102.
- INGOLD (C. T.), 1953. — Dispersal in fungi. 1 vol., 197 p., 90 fig. Oxford, Clarendon Press.
- JAAP (O.), 1916. — Beiträge zur Kenntniss der Pilze Dalmatiens. *Ann. Mycol.*, **14**, p. 1-44.
- JORSTAD (I.), 1935. — Uredinales and Ustilaginales of Trondelag, 90 p. (C. R. in *Uredineana*, **3**, 1951, p. 314-318).
- JORSTAD (I.), 1938. — Gymnosporangium on pomaceous fruits in Norway. *Nytt. Mag. for Naturv.*, **78**, p. 121-126.
- JORSTAD (I.), 1940. — Uredinales of Northern Norway, 145 p.
- JORSTAD (I.), 1943. — Some cyprian Uredinales. *Nytt. Mag. for Naturv.*, **83**, p. 191-229.
- JORSTAD (I.), 1951. — Rustsopper på frukttraer og baervekster (rust fungi on fruit trees and soft fruits). *Frukt og Boer*, **3**, p. 20-30, 8 fig. (C. R. in *R. A. M.*, 1951, **30**, p. 166).
- JORSTAD (I.), 1952. — Parasitic fungi from various parts. *Nytt. Mag. for Bot.*, vol. 1, 1953, p. 89-106.
- JOSSERAND (M.), 1952. — La description des champignons supérieurs, 1 vol., 338 p. Paris, Lechevalier, *Encycl. Mycol.*, XXI.
- KAWAMURA (E.), 1934. — On the function of the spermatia of Gymnosporangium haraeaeum Syd. *Hortic. and Agric.*, **9** (in BULLER, VII, p. 170).
- KAWAMURA (E.), 1940. — Studies on Gymnosporangium haraeaeum Syd., I, its heterothallism. *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, **10**, p. 84-91, 3 fig. (C. R. in *Rev. Mycol. Colo.*, 1950, p. 79).

- KAWAMURA (Ė.), 1941. — Studies on Gymnosporangium haraeana Syd., II, the role played by the insects in the transfer of spermatia in the fungi. *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, **10**, p. 297-303, 1 fig. (C. R. Rev. Mycol. Colo., 1950, p. 79).
- KERN (F. D.), 1908. — Studies in the genus Gymnosporangium. *Bull. Torr. Bot. club.*, **35**, p. 499-511.
- KERN (F. D.), 1910. — The morphology of the peridial cells in the Roeseliae. *Bot. Gaz.*, **49**, n° 6, p. 445-452, 2 pl., 2 fig.
- KERN (F. D.), 1911. — A biologic and taxonomic study of the genus Gymnosporangium. *Bull. New-York Bot. Garden*, vol. 7, p. 391-483.
- KICKX (J.), 1867. — Flore cryptogamique des Flandres, 2 vol., 521, 490 p.
- KIENTZ-GERLOFF (F.), 1888. — Die Gonidien von Gymnosporangium clavariaeforme. *Bot. Zeits.*, **46**, p. 389-393.
- KLEBAHN (H.), 1892 a. — Bemerkungen über Gymnosporangium confusum Plowr. und G. sabinae Dicks. *Zeitschr. f. Pflanzenkr.*, **2**, p. 94-95.
- KLEBAHN (H.), 1892 b. — Kulturversuche mit heteröcischen Uredineen. III. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **2**, p. 332-343.
- KLEBAHN (H.), 1892 c. — Zur Kenntniss der Schmarotzer-Pilze Bremens und Nord-Deutschlands. Zweiter Beitrag. *Abhandl. d. Naturwiss. Vereins zur Bremen*, **12**, p. 361-376 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **2**, p. 241-242).
- KLEBAHN (H.), 1902. — Kulturversuche mit Rostpilzen. X. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **12**, p. 132-151.
- KLEBAHN (H.), 1905. — Kulturversuche mit Rostpilzen. XII. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **15**, p. 64-108.
- KLEBAHN (H.), 1907. — Kulturversuche mit Rostpilzen. XIII. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **17**, p. 129-158.
- KLEBAHN (H.), 1912. — Kulturversuche mit Rostpilzen. XIV. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **22**, p. 321-350.
- KNIGHT (R. L.), 1948. — Dictionary of Genetics, 1 vol., 183 p. Waltham, Chron. Bot.
- KOSAROFF (Dr.), 1909. — Bericht über die Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen Nordbulgariens, während der Jahre 1906 und 1907. Arb. der landwirt. Versuchs- und Pflanzenschutz-Station bei Rustschuk (Bulgarien), **2**, I et II. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **19**, p. 331-336.
- KRSTIC (M.), 1952. — Nekoliko novih i redih fitopatoloskih pojava u sumama i rasadnicima (Several new and rarer diseases encountered in forests and nurseries). *Zasht. Bilja* (Plant protection Beograd.), **12**, p. 49-51, 2 pl. (C. R. in *R. A. M.*, 1954, 6, p. 325).
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1932. — L'enseignement de la forêt de Valbonne. Étude phytosociologique. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, **21**, fasc. II, III, IV, p. 112-160.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1937. — Glanes phytopathologiques. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, **24**, fasc. III, p. 215-236.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1943. — Essai de biologie des sores du diplonte chez les Uredinées. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **59**, p. 78-155, fig.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1944. — Sur un mode de formation des conidies d'Uredinées. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **60**, p. 47-51, 9 fig.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1948. — Flore des environs immédiats de Montpellier, **1**. — La prospection phytopathologique, 117 p., **2**. — KUHNHOLTZ-LORDAT (G.) et BLANCHET (G.). Les végétaux vasculaires et leurs parasites cryptogames, 457 p. Paris, Lechevalier, édit.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1949. — La cartographie parcellaire de la végétation. Principes, applications. Atlas de planches coloriées avec texte explicatif ; partic. n° 13-13 bis. Contribution à l'étude de la biologie du Pin d'Alep. *Inst. Nat. Rech. Agro.*
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1952. — Contribution à la mise en valeur de la Costière du Gard. *Mém. Soc. Etud. Sc. Nat. Nîmes*, 1949, n° 8. — La

- végétation de la Costière et sa cartographie, p. 61-226, tableaux, croquis, photos.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1952. — Le tapis végétal dans ses rapports avec les phénomènes actuels de surface en Basse-Provence, 1 vol., 208 p., 19 fig., 1 carte, 9 photos, 22 tableaux. Paris, Lechevalier, Encycl. Biog. et Écol., IX.
- KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1954. — Le fourré-galerie à *Paliurus spinachristi* Mill. et *Pyrus amygdaliformis* Vill. *Angewandte Pflanzensoziologie*, Festschrift Aichinger, p. 486-493, 7 phot.
- KURSANOV (L.), 1915. — Recherches morphologiques et cytologiques sur les Urédinées. *Bull. Soc. Nat. Moscou*, **31**, p. 1-129, 4 pl.
- LAGARDE (J.), 1902. — Champignons du Massif du Ventoux. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **18**, p. 328-380.
- LAGERHEIM (G. de), 1899. — Contribution à la flore mycologique des environs de Montpellier. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **15**, p. 95-103.
- LAGERHEIM (G. de), 1891. — Les Urédinées comestibles. *Rev. Mycol.*, 13^e ann., n° 51, p. 101-104.
- LAMARCK (J. de) et CANDOLLE (A. P. de), 1805-1815. — Flore française, 3^e éd., 5 tomes ; 5^e tome par de CANDOLLE (1815), 662 p.
- LANGERON (M.), 1945. — Précis de Mycologie, 1 vol., 674 p., 392 fig. Paris, Masson, édit.
- LANGERON (M.) et VANBREUSEGHEM (R.), 1952. — Précis de Mycologie, 2^e édit., 1 vol., 703 p., 461 fig. Masson, édit., Paris.
- LEMÉE (E.), 1917. — La rouille des Poiriers et le Genévrier sabine. *Bull. Soc. Pat. Veg.*, **4**, p. 96-97.
- LEMÉE (E.), 1924. — Étude sur la rouille grillagée du Poirier. *Bull. Soc. Hort. Orne*, p. 57-79.
- LEMÉE (E.), 1926. — La rouille grillagée du Poirier. *Bull. Soc. Hort. Orne*, p. 52-55.
- LEPPIK (E. E.), 1953. — Some viewpoints on the phylogeny of rust fungi. I. Coniferous rusts. *Mycologia*, **45**, p. 46-74.
- LEREDDE (Cl.) et DUPIAS (G.), 1949. — Urédinées récoltées pendant la Session. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **96**, p. 139-140, 76^e Session extraordinaire.
- LEVEILLE (J. H.), 1839. — Recherches sur le développement des Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2^e sér., **11**, p. 5-16.
- LEVEILLE (J. H.), 1847. — Sur la disposition méthodique des Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 3^e sér., **8**, p. 369-376.
- LIMASSET (P.) et DARPOUX (H.), 1951. — Principes de pathologie végétale, 2^e édit., 1 vol., 334 p., 148 fig. Paris, Dunod édit.
- LINK (H. F.), 1809. — Observationes in ordines plantarum naturales I. *Ges. Nat. Freunde*, Berlin Mag. III, p. 3-42, 2 pl. (in ARTHUR et al. 1929).
- LINK (H. F.), 1815. — Observationes in ordines plantarum naturales II. *Ges. Nat. Freunde*, Berlin Mag. VII, p. 25-45.
- LIU TCHEN-NGO, 1929. — Note sur quelques Urédinées peu communes ou critiques, récoltées dans le Midi, le Centre et l'Est de la France. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **45**, p. 197-215.
- LIRO (J. I.), 1908. — Uredineae Fennicae, 640 p. (C. R. in *Uredineana* III, 1951, p. 325-335).
- LONG (W. H.), 1914. — An undescribed species of Gymnosporangium from Japan. *Journ. Agric. Res.*, **1**, p. 353-356.
- LONG (W. H.) et GOODDING (L. N.), 1939. — Two new species of rust. *Mycologia*, **31**, p. 670-673, pl.
- LORET (H.) et BARRANDON (A.), 1886. — Flore de Montpellier, 2^e édit., par H. LORET, 1 vol., 664 p., 2 cartes. Montpellier, Calas édit.
- MC ALPINE (D.), 1906. — The rusts of Australia, 1 vol., 349 p., 44 pl., Melbourne.

- MAC DONALD (J. A.), 1951. — Introduction to Mycology, 1 vol., 177 p., 163 fig., London, Butterworths sc. publ.
- MAC LACHLAN, 1935. — The dispersal of viable basidiospores of the Gymnosporangium rusts. *Journ. Arn. Arbor.*, **16**, p. 411-422.
- MAGNUS (P.), 1892-1893. — Die von Peyritsch in Tirol gesammelten und im Herbarium der K. K. Universität zu Innsbruck aufbewahrten Pilze. *S. A. aus dem Berichte des naturw. medicin. Vereins in Innsbruck*, **21**, (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **5**, p. 310).
- MAGNUS (P.), 1894. — Beitrag zur Kenntniss einiger parasitischer Pilze des Mittelmeergebietes. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **12**, p. 84-88 (C. R. in *Uredineana*, I, 1938, p. 130).
- MAIRE (R.), 1900. — L'évolution nucléaire chez les Urédinées et la sexualité. *Act. Congr. Intern. Bot. Paris*.
- MAIRE (R.), 1902. — Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **18**, 209 p., 8 pl.
- MAIRE (R.), 1905. — Notes sur quelques champignons nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **21**, p. 137-167.
- MAIRE (R.), 1906. — Contribution à l'étude de la flore mycologique de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, session Oran, **53**, p. CLXXX-CCXV.
- MAIRE (R.), 1911. — La biologie des Uredinales. *Prog. rei bot.*, p. 109-162.
- MAIRE (R.), 1914. — Quelques Uredinales hétéroxènes de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **61**, session Algérie, p. XIV-XXIV.
- MAIRE (R.), 1917. — Champignons nord-africains nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, **8**, p. 134-200.
- MAIRE (R.), DUMÉE (P.) et LUTZ (L.), 1901. — Prodrome d'une flore mycologique de la Corse. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **48**, p. CCXVIII.
- MAIRE (R.) et WERNER (R. G.), 1937. — Catalogue raisonné des champignons connus jusqu'ici au Maroc. *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, **45**, 148 p.
- MALENÇON (G.), 1936. — Notulae mycologicae Marocanae, II. Uredinales. *Rev. Mycol.*, **1**, p. 257-275.
- MALENÇON (G.) et DELECLUSE (R.), 1937. — Champignons pathogènes observés au Maroc. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, **17**, p. 132-144.
- MALPIGHI (M.), 1675. — Anatomie plantarum. Londres (in ARTHUR et al. 1929).
- MARESQUELLE (H. J.), 1930. — Études sur le parasitisme des Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, **12**, p. 1-123, 43 fig., 4 pl.
- MARESQUELLE (H. J.), 1935. — Défaut d'allongement et dépolarisation dans les morphoses parasitaires. *Rev. Gén. Bot.*, **47**, p. 129-185.
- MASSEE (G.), 1910. — Diseases of cultivated plants and trees, 1 vol., 602 p., 171 fig. — Londres, Duckworth and Co.
- MATHIEU (A.), 1897. — Flore forestière, 4^e édit., revue par P. FLICHE 705 p. Paris, Baillière et Fils.
- MATHON (Cl.), 1948. — La buxaie-oxycedraie de Bidon (Basse-Ardèche). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **95**, p. 146-148, 1 pl., 2 phot.
- MAURIZIO (A. M.), 1927. — Zur Biologie und Systematik des Pomaceen bewohnenden Podosphaeren. — Mit Berücksichtigung der Frage der Empfanglichkeit der Pomaceenprofbastarde für parasitische Pilze. *Centr. f. Bakt. Abt. 2*, **72**, p. 129-148, 6 graph.
- MAURY (L.), 1911. — Contributions à la flore du département de la Marne. *Bull. Soc. Etud. Sc. Nat. Reims*, **19**, p. 37-87.
- MAYOR (E.), 1909. — Notes mycologiques. *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, **36**, p. 30-36.
- MAYOR (E.), 1910. — Contribution à l'étude des champignons du canton de Neuchâtel. *Bull. Soc. Neuch. Sciences Nat.*, **37**, p. 3-126.
- MAYOR (E.), 1914-1915. — Herborisation mycologique dans la vallée de Saas à l'occasion de la réunion annuelle de la Murithienne. *La Murithienne*, **39**, 1914-1915 (1916), p. 190-211.

- MAYOR (E.), 1916. — Liste de champignons trouvés au printemps dans la région de Martigny. *La Murithienne*, **39**, p. 187-190.
- MAYOR (E.), 1925. — Contribution à l'étude de la flore mycologique de la région de Zermatt. *La Murithienne*, **42**, tirage à part, p. 7.
- MAYOR (E.), 1928. — Herborisations mycologiques dans les monts de Lacauene. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **44**, p. 79-93.
- MAYOR (E.), 1929. — Herborisations mycologiques dans la région de Chamonix (Hte-Savoie). *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **45**, p. 172-183.
- MAYOR (E.), 1930. — Les « fungi centrali-europaei » de Jean MULLER. *Candollea*, **4**, p. 166-179.
- MAYOR (E.), 1931. — Herborisations mycologiques dans les monts de Lacauene. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **47**, p. 258-265.
- MAYOR (E.), 1934. — Herborisations mycologiques dans les monts de Lacauene. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **50**, p. 293-300.
- MAYOR (E.), 1942-1943. — Contribution à l'étude de la flore mycologique du Valais. *Bull. La Murithienne. Soc. Valais. Sc. Nat.*, **60**, p. 73-90.
- MAYOR (E.), 1949. — Contribution à l'étude de la flore mycologique de la France. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **65**, p. 44-62.
- MAYOR (E.), VIENNOT-BOURGIN (G.), 1949. — Contribution à l'étude des Micromycètes du Languedoc et de Provence. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric.*, **28**, p. 29-53, 3 pl.
- MAYOR (E.), VIENNOT-BOURGIN (G.), 1950. — Contribution à l'étude des Micromycètes de Corse. *Rev. Mycol.*, **15**, p. 80-118.
- MELANDER (L. W.) et CRAIGIE (J. H.), 1927. — Nature of resistance of *Berberis* sp. pl. to *Puccinia graminis*. *Phytopath.*, **17**, p. 95-114.
- MELHUS (I. E.), DURRELL (L. W.) et KIRBY (R. S.), 1920. — Relation of the Barberry to stem rust in Iowa. *Iowa Agric. Expt. sta. Res. Bull.*, **57**, p. 283-325.
- MICHEL (P. A.), 1929. — Nova plantarum genera, 234 p., 108 pl. (in ARTHUR et al., 1929).
- MILLER (P. R.), 1932. — Pathogenicity of three cedar rusts that occur on apple. *Phytopath.*, **22**, p. 723-740, 2 fig., 10 tabl.
- MILLER (P. R.), 1936. — Morphological aspects of Gymnosporangium Galls. *Phytopath.*, **26**, p. 799-801.
- MILLER (P. R.), 1939 a. — Pathogenicity symptoms and the causative fungi of three apple rusts compared. *Phytopath.*, **29**, p. 801-811.
- MILLER (P. R.), 1939 b. — The relation of aeciospores germinability and dissemination to time of infection and control of Gymnosporangium juniperi-virginianae on red-cedar. *Phytopath.*, **29**, p. 812-817, fig.
- MOLINIER (R.), 1951. — Les climax côtiers de la Méditerranée Occidentale. *Végétatio*, **4**, fasc. 5, p. 284.
- MONTARLOT (G.), 1952. — Description et cartographie des terres et sols du département de l'Hérault. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr.*, sér. A, p. 9-94, 221-284.
- MONTEMARTINI (L.), 1920. — Gymnosporangium clavariaeforme f. longissima. *Riv. Pat. Veg.*, **10**, fasc. 8-9, p. 125.
- MONTEMARTINI (L.), 1925. — Svernamento del G. clavariaeforme (Jacq.) Reess. sopra il *Crataegus oxyacantha* L. *Riv. Pat. Veg.*, **15**, fasc. 5-6, p. 85-86.
- MOORE (M. H.), 1945. — Note on Medlar cluster-cup rust (Gymnosporangium confusum Plowr.) in Kent in 1943-1944. *Trans. brit. mycol. Soc.*, **28**, fasc. 1-2, p. 13-15, 1 pl. (C. R. in *R. A. M.*, 1945, **24**, p. 376).
- MOORE (M. H.), REY (G. L.) et HOLMES (E.), 1946. — Fruit bud development. *Bull. n° 137*, of the Ministry of Agric. and Fish. published by His Majesty's stationery office., 7 pl. col.
- MOREAU (Cl.), 1950. — Les mycocécidies des régions tropicales. *Rev. Mycol.*, **15**, suppl. colo. n° 1, p. 1-44.

- MOREAU (F.), 1953. — Les champignons. Physiologie, morphologie, développement et systématique, 2 vol., **1**, 940 p., 465 fig. — **2**, 1 180 p., 835 fig. Paris, Lechevalier, Encycl. Mycol., XXII, XXIII.
- MOREL (G.), 1948. — Recherches sur la culture associée de parasites obligatoires et de tissus végétaux. *Ann. Epiph.*, **14**, fasc. 3, p. 123-234, 30 fig., 15 pl.
- MORTON (F.), 1952. — *Juniperus sabina* L. im Salzkammergut. *Arb. aus. der Bot. Sta. in Hallstatt.*, n° 123. Jahr. d. oberösterreichischen Muse alvereines, 97 band (Linz, p. 215-222).
- MORTON (F.), 1954. — Ueber die Sukzession in einen *Juniperus sabina*. Busche. *Arbeiten aus der Bot. Sta. in Hallstatt.*, n° 145, 3 p.
- MOUILLEFER (P.), 1892-1898. — Traité des arbres et arbrisseaux forestiers, industriels et d'ornement, 2 vol., 1403 p., 1 atlas. Paris, Klincksieck.
- NATTRASS (R. M.), 1937. — A first list of Cyprus fungi. *Cyprus dept. agric. Nicosia.*, 87 p. (in JORSTAD).
- NICOLAS (G.) et AGGERY (B.), 1949. — Notes phytopathologiques (7^e note). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **84**, 3^e et 4^e trim., p. 134-144.
- NICOLAS (G.) et AGGERY (B.), 1950. — Notes phytopathologiques (8^e note). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **85**, 1^{er} et 2^e trim., p. 114-122.
- NIEDERHAUSER (J. S.) et WHETZEL (H. H.), 1940. — Observations on the varietal susceptibility of apples to *Gymnosporangium juniperi-virginianae*. *Phytopath.*, **30**, p. 691-693.
- NOELLI (A.), 1905. — Contribuzione allo studio dei micromiceti del Piemonte. *Malpighia*, p. 329-372 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **16**, 1906 ; p. 328).
- NOELLI (A.), 1909. — Alcuni micromiceti dell'Ossola. *Malpighia*, **23**, 14 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1912, **22**, p. 172).
- NOELLI (A.), 1912. — Micromiceti del Piemonti. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, **19**, p. 393-411 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1913, **23**, p. 203).
- OERSTED (A. S.), 1865. — C. R. provisoire de quelques observations qui prouvent que le *Podisoma sabinae* qui croît sur les branches de *Juniperus sabina* et le *Roestelia cancellata* qui attaque les feuilles de Poiriers sont des générations alternantes de la même espèce de champignon. Note déposée par M. DUCHARTRE à la séance du 19 juillet 1865 de la Sté Impériale et Centrale d'Agriculture de France. *Ann. Agric. Fr.*, 1865, 5^e série, **26**, juillet-décembre, p. 314.
- OERSTED (A. S.), 1867. — Ueber *Roestelia lacerata* Sow. nebst Bemerkungen über die anderen Arten der Gattung *Roestelia*. *Bot. Zeit.*, **25**, p. 222-223.
- OERSTED (A. S.), 1869. — Nouveaux essais de semis faits avec des champignons parasites dont les générations alternantes habitent sur des plantes appartenant à des familles différentes (C. R. in *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Rev. Bibl., p. 61).
- OLIVE (L. S.), 1941. — The germination and staining of basidia in *Gymnosporangium*. *Stain techn.*, **16**, p. 149-153, 1 pl.
- OLIVE (L. S.), 1944. — Spermatial formation in *Gymnosporangium clavipes*. *Mycologia*, **36**, p. 211-214, 2 fig.
- OLIVE (L. S.), 1949. — A cytological study of typical and atypical basidial development in *Gymnosporangium clavipes*. *Mycologia*, **41**, p. 420-426, 14 fig.
- PATOUILLARD (N.), 1889. — Le genre *Coleopuccinia*. *Rev. Mycol.*, 11^e année, n° 4, p. 35-36.
- PATOUILLARD (N.), 1897. — *G. clavariaeforme* sur *Cr. aronia* à Zaghoun et Bordj-Toum (in GUYOT, *Uredineana*, **IV**, p. 356).
- PATOUILLARD (N.), 1900. — Essai taxonomique sur les familles et les genres des Hymenomycetes, 184 p., 74 fig., Lons-le-Saulnier, L. Declume.
- PATOUILLARD (N.), 1902. — Champignons algéro-tunisiens nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **18**, p. 47-53.

- PEGLION (V.), 1893. — Ricerche anatomiche sopra i tumori delle foglie e rami di Pero causati dal parassitismo della *Roestelia cancellata*. *Riv. di Pat.*, **2**, p. 23.
- PEGLION (V.), 1895. — Contribuzione alla conoscenza della flora micologica avellinese. *Malpighia*, **8**, p. 424-460 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **5**, p. 292).
- PERISIC (M. M.), 1949. — Prilog poznavanju parazitne mikroflora U metohiji u 1949 Godini. (Contribution to the knowledge of the parasitic microflora of Metohija in 1949.) *Plant Protection* Beograd, **3**, p. 73-75 (C. R. in *R. A. M.*, 1952, **31**, p. 353).
- PERSOON (C. H.), 1794. — Neuer Versuch einer systematischen Einteilung der Schwämme. *Romer's Neues Mag. Bot.*, **1**, p. 63-128, 4 pl. (in ARTHUR et al., 1929).
- PERSOON (C. H.), 1801. — Synopsis methodica fungorum, 708 p., 5 pl., Gottingen.
- PETIT (A.), 1936. — Remarques sur l'emploi de quelques méthodes histologiques en Botanique appliquée et en Phytopathologie. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric. Fr.*, **23**, p. 208-212.
- PETIT (A.), 1941. — Remarques biologiques sur les rouilles des céréales. *Ann. Serv. Bot. et Agro. Tunisie*, **16-17**, p. 151-180.
- PETRAK (F.), 1920-1939. — Index of fungi. *Justs Bot. Jahresb.*, 8 fasc. réimpression Comm. Mycol. Inst. Kew.
- PETRAK (F.), 1937. — Fungi in K. B. RECHINGER Ergebnisse einer Botanischen Reise nach den Iran, 1937. *Ann. d. Nat. Mus. Wien.*, **50**, p. 414-521 (C. R. in *Uredineana* III, 1951, p. 392-393).
- PLOWRIGHT (C. B.), 1888. — Experimental observations on certain british heteroecious Uredines. *Journ. Linn. Soc. Bot.*, **24**, p. 88-100.
- PLOWRIGHT (C. B.), 1889. — A monograph of the british Uredineae and Ustilagineae, 1 vol., 347 p. Londres, Kegan, Trench and Co.
- PLOWRIGHT (C. B.), 1901. — Observations sur la biologie de certaines Urédinées relatives à la valeur de certaines espèces biologiques. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **17**, p. 97-99.
- POIRAULT (G.), 1890-1894. — Les Urédinées et leurs plantes nourricières. *Journal de Botanique*, 1890, n° 12, p. 229-234 ; n° 13-14, p. 245-251 ; n° 17, p. 307-315 ; n° 19, p. 342-348. — 1893, n° 21, p. 391-392. — 1894, n° 1, p. 16-18 ; n° 5, p. 106-108 ; n° 7, p. 148 ; n° 8, p. 163-164 ; n° 9, p. 173-177.
- POIRAULT (G.), 1892. — Germination tardive des spores de *Roestelia cancellata* Reb. *Journ. Bot.*, 6^e année, n° 3, p. 59-60.
- POIRAULT (G.), 1915. — Sur quelques champignons parasites rares ou nouveaux observés dans les Alpes-Maritimes. *Bull. Assoc. Natur. Nice et Alpes-Maritimes*, **2**, n° 3, p. 16.
- POIRAULT (G.), et RACIBORSKY, 1895. — Sur les noyaux des Urédinées. *Journ. Bot.*, **9**, p. 318.
- POLITIS (J.), 1951. — Urédinées recueillis dans la presqu'île de Chalcidique. *Uredineana* III, p. 151-153.
- PORCELLI (V.), 1896. — Contribuzione allo studio delle ipertrofie produte dalla *Roestelia lacerata* sulla foglie sui rami e sui fiori del *Crataegus oxyacantha*. *Riv. di Pat.*, **5**, p. 245-252, 1 pl.
- RABENHORST (L.), 1884. — Kryptogamen flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, vol. 2, par G. WINTER, partic. p. 232-235.
- RANOJEVIC (N.), 1911. — Die in Serbien in den Jahren 1906-1909 beobachteten Pflanzenkrankheiten und Schädlinge. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **21**, p. 42-49.
- RATHAY (E.), 1880. — Ueber die Generationswechsel einheimischer Gymnosporangie. C. R. in *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **27**, p. 189.
- RAYSS (T.), 1946. — Contribution à la flore mycologique du Proche-Orient. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **62**, p. 5-41.

- RAYSS (T.), 1951. — Nouvelle contribution à la connaissance des Urédinées de Palestine. *Uredineana* III, p. 154-221.
- REBENTISCH (J. F.), 1804. — *Prodromus florae neomarchiae*, 406 p., 4 pl. (in ARTHUR et al. 1929).
- REED (H. S.) et CRABILL (C. H.), 1915. — The cedar rust disease of apple caused by *Gymnosporangium juniperi-virginianae*. *Va. Agric. Exp. Sta. tech. Bull.*, **9**, 106 p., 23 fig. (in TOGASHI, 1949).
- REESS (M.), 1869. — Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen. *Abh. nat. Ges. halle*, **11**, p. 49-118, 2 pl.
- REGEL (C. de), 1952. — Flore du Mont Oeta en Grèce. *Bull. Soc. Bot. Fr.* ; *Mém.* p. 122-143.
- RICHARDS (H. M.), 1889. — The urédo-stage of *Gymnosporangium*. *Bot. Gaz.*, **14**, p. 211-216.
- ROGER (L.), 1951-1954. — *Phytopathologie des pays chauds*, 3 vol., 3 150 p., 368 fig. Paris, Lechevalier.
- ROSEN (H. R.), 1918. — Notes on some methods and terms employed in studying the Uredinales. *Phytopath.*, **8**, p. 581-583.
- ROSTRUP (E.), 1886. — Sur quelques déformations des Phanérogames causées par les champignons parasites. *Rev. Mycol.*, n° 30, p. 94-98.
- ROUMEGUERE (C.), 1870. — *Cryptogamie illustrée ou Histoire des familles naturelles des plantes acotylédones d'Europe*, 164 p., 1 700 fig. Paris, Baillière et Fils.
- ROZE (E.), 1869. — *Roestelia cancellata* obtenu par inoculation. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Séance 28 mai 1869, p. 214.
- ROZE (E.), 1870. — Résultats d'une expérience biologique avec les *Podisoma fuscum* et *clavariaeforme*. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **15**, p. 258-261.
- RUSSELL (W.), 1910. — Remarques sur une station du *Juniperus communis* dans les Vosges granitiques. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **55**, p. 35-36.
- SACCARDO (P. A.) et SACCARDO (D.), 1888-1925. — *Sylloge fungorum*.
- SAHLI (G.), 1916. — Die Empfänglichkeit von Pomaceen-bastarden, -chimären und intermediären Formen für *Gymnosporangien*. *Centr. Bakt.*, **2**, p. 264-301 (in JORSTAD).
- SAJO (K.), 1894. — Bericht über die in Ungarn in den Jahren 1884-1889 vorgekommenen landwirtschaftlichen Insektenschaden. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **4**, p. 156.
- SAPPIN-TROUFFY (P.), 1893. — La pseudofécondation chez les Urédinées et les phénomènes qui s'y rattachent. *Le Bota*, 3^e sér., fasc. 5, p. 205-208.
- SAPPIN-TROUFFY (P.), 1893. — Les suçoirs chez les Urédinées. *Le Bota*, 3^e sér., fasc. 5, p. 215-219, 1 pl.
- SAPPIN-TROUFFY (P.), 1895. — Origine et rôle du noyau dans la formation des spores et dans l'acte de la fécondation chez les Urédinées. *Comptes rendus Acad. Sc.*, 19 août 1895.
- SAPPIN-TROUFFY (P.), 1896. — Recherches mycologiques. Parasites des Urédinées. *Le Bota*, 5^e sér., fasc. 1, p. 44-58.
- SAPPIN-TROUFFY (P.), 1896. — Sur la signification de la fécondation chez les Urédinées. *Le Bota*, 5^e sér., fasc. 1, p. 32-37.
- SAPPIN-TROUFFY (P.), 1896. — Recherches histologiques sur la famille des Urédinées. *Le Bota*, 5^e sér., p. 59-244.
- SAVULESCU (T.), 1944. — Matériaux pour la flore des Urédinées de Roumanie. *Acad. Roum., Bull. Sect. Scientif.*, **26**, 5, p. 308-332.
- SAVULESCU (T.), 1953. — *Monografia uredinalelor din Republica populara romana*, 2 vol., 1 166 p.
- SAVULESCU (T.) et SAVULESCU (O.), 1941. — Matériaux pour la flore des Urédinées de Roumanie. *Ann. Acad. Roum.*, sér. III, **17**, Mém. 4, p. 113-261, 18 fig.
- SCHMID (R.), 1954. — Ueber die histologische Spezialisierung von Blatt- und

- Rindenpilzen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zum Phloem. *Phytopath. Zeits.*, **21**, fasc. 4, p. 407-432.
- SCHROETER (J.), 1889. — Kryptogamen Flora von Schlesien, Pilze., p. 291-382.
- SEYNES (J. de), 1863. — Essai d'une flore mycologique de la région de Montpellier et du Gard. Observations sur les Agaricinées suivies d'une énumération méthodique, 1 vol., 156 p., 5 pl., 1 carte. Paris, Bailliére.
- SLAUS-KANTSCHIEDER (J.), 1910. — Bericht über die Tätigkeit der k. k. landw. Lehr- und Versuchsanstalt in Spalato im Jahre 1909. *Zeits. f. d. landw. Versuchswesens in Oesterreich*, p. 308 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1911, **21**, p. 300-301).
- Société des Sciences Naturelles de la Charente-Inférieure, 1840. — Catalogue provisoire publié pour servir à la flore de la Charente-Inférieure, 1 vol., 159 p., La Rochelle, Mareschal, impr.
- SOLLA (R.), 1895. — Rückschau über die auf phytopathologischen Gebiete während der Jahre 1893 und 1894 in Italien entwickelte Tätigkeit. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **5**, p. 159-169, 211-216.
- SOLLA (R.), 1901. — Pflanzenkrankheiten in Italien. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **11**, p. 228-234.
- SOLLA (R.), 1906. — Auftreten Schädlicher Pilze in Italien. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **16**, p. 328.
- SORAUER (P.), 1886. — Handbuch der Pflanzenkrankheiten, **2**, 550 p., 62 fig. Berlin, P. Parey.
- SPESCHNEU (N. N.), 1897. — Les parasites végétaux de la Cakétie. *Arb. Tiflis Bot. Gart.*, II, 70 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1901, **11**, p. 113-115).
- STAEHELIN (M.) et WURGLER (W.), 1948. — Rapport d'activité des stations fédérales d'essais viticoles, arboricoles et de chimie agricole à Lausanne et à Pully, p. 798.
- STEWART (A.), 1915. — An anatomical study of Gymnosporangium galls. *Amer. Journ. of Bot.*, **2**, p. 402-417, 2 pl.
- SYDOW (P.) et SYDOW (H.), 1912. — Monographia Uredinearum, **3**, p. 5-76. Lipsiae, Borntraeger.
- SYDOW (H.) et BORMULLER (J.), 1921. — Plantae macedoniae, Pilze. *Ann. Myc.*, **19**, p. 243-254 (C. R. in *Uredineana* I, 1938, p. 131).
- TALLON (G.), 1931. — Étude de la forêt de Genévriers de Phénicie dite Bois des Rièges. *Act. Rés. Camargue, Annexe Bull. Soc. Nat. Acclim.*, n° 7, octobre.
- TALLON (G.), 1950. — Observations botaniques. *La Terre et la Vie*, **5**, p. 255-264.
- TALLON (G.), 1950. — Additions à la flore de Camargue. *La Terre et la Vie*, **5**, p. 265-274.
- THATCHER (F. S.), 1943. — Cellular studies in relation to rust resistance. C. R. in *Phytopath.*, **33**, p. 14.
- THAXTER (R.), 1887. — On certain cultures of Gymnosporangium with notes on their Roesteliae. *Proc. Amer. Acad. Arts and Sci.*, **20**, p. 259-260.
- THELLUNG (A.), 1912. — La flore adventice de Montpellier. *Mém. Soc. Nat. Sc. Nat. et Math. Cherbourg*, **38**, p. 57-728.
- THIEBAUT (J.), 1919. — Sur des formes critiques d'Aubépine. *Ann. Soc. Bot. Lyon*, **41**, Notes et Mémoire, p. 10-13.
- THIRUMALACHAR (M. J.), 1942. — Morphology and parasitism of *Trochodinium sampathense* T. *Journ. Ind. Bot. Soc.*, **21**, p. 59-68.
- THIRUMALACHAR (M. J.) et MUNDKUR (B. B.), 1949. — Genera of rusts I. *Ind. Phytopath.*, vol. 2, n° 1, p. 65-101, 36 fig.
- THIRUMALACHAR (M. J.) et MUNDKUR (B. B.), 1949. — Genera of rusts II. *Ind. Phytopath.*, vol. 2, n° 2, p. 1-52, fig. 36-82.
- THIRUMALACHAR (M. J.) et MUNDKUR (B. B.), 1950. — Genera of rusts III. *Ind. Phytopath.*, vol. 3, n° 1, p. 4-42, fig. 84-106.

- THOMAS (H. E.), 1933. — The quince rust disease caused by *Gymnosporangium germinale*. *Phytopath.*, **23**, p. 546-553, 1 fig.
- THUEMEN (F. von), 1877-1880. — *Herbarium mycologicum oeconomicum*. Wien.
- TOGASHI (K.), 1949. — Biological characters of plant pathogens temperature relations, 1 vol., 478 p., Meibundo.
- TRANZSCHER (W.), 1939. — Conspectus Uredinalium U. R. S. S. (C. R. in *Uredineana* IV, 1953, p. 375-406).
- TRAVERSO (G. B.), 1913. — Manipolo di funghi della valle Pellina. *Bull. Soc. Flore Valdotaïne*, n° 8, 40 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **23**, p. 204).
- TROTTER (A.), 1908. — Flora italica crittogama. Pars. I. Fungi; fasc. 4, Uredinales. *Soc. Bot. Ital.*, 519 p., R. S. Cassiano édit.
- TROTTER (A.), 1916. — Osservazioni biologiche sulla ruggine del Pero. *Riv. di Pat. Veg.*, **8**, p. 65-76.
- TUBEUF (K. F. von), 1891. — Generations- und Wirtswechsel unserer einheimischen Gymnosporangiumarten und die hierbei auftretenden Formveränderungen. *Zentralbl. f. Bakt. und Parasitenkunde*, **9**, p. 89 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **1**, p. 110-114).
- TUBEUF (K. F. von), 1893. — Mitteilungen über einige Pflanzenkrankheiten. V. Die Nadelbewohnende form von *Gymnosporangium juniperinum*. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **3**, p. 201-203.
- TUBEUF (K. F. von), 1895. — Pflanzenkrankheiten durch Kryptogamen Parasiten verursacht. (Trad. SMITH : Diseases of plants induced by cryptogamic parasites, 598 p., 330 fig).
- TUBEUF (K. F. von), 1907. — Perennieren des Aecidienmycels von Birnenrostpilz. *Naturw. Zeits. Land. Forstw.*, **5**, p. 217-219 (in ARTHUR et al., 1929).
- TULASNE (L. R.), 1853. — Note sur la germination des spores des Uredinées. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **36**, p. 1093-1095.
- TULASNE (L. R.), 1854. — Sur le dimorphisme des Uredinées. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **38**, p. 761-765.
- TULASNE (L. R.) 1854. — Second mémoire sur les Uredinées et Ustilaginées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2^e sér., **4**, p. 77-196, 6 pl.
- TULASNE (L. R.) et TULASNE (C.), 1847. — Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Uredinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 3^e sér., **7**, p. 12-127, 6 pl.
- TULASNE (L. R.) et TULASNE (C.), 1861-1865. — *Selecta fungorum carpo-logia*, 3 vol., 783 p., 60 pl.
- TULASNE (L. R.) et TULASNE (C.), 1872. — Nouvelles notes sur les fungi tremellini et leurs alliés. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 5^e sér., **15**, p. 215-255, 4 pl.
- TURCONI (M.), 1910. — Intorno alla micologia lombarda. *Atti Instit. Bot. Pavia*, **12**, p. 57 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **20**, p. 422).
- ULBRICH (E.), 1938. — Die von der deutschen Himalaya-Expedition 1937 gesammelten Pilze. *Notizbl. Bot. Gart. Berlin*, **14**, 122, p. 139-150.
- UZEL (H.), 1907. — Mitteilung über Schädiger und Krankheiten der Kulturpflanzen in Böhmen im Jahre 1905. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **17**, p. 83-89.
- VAN TIEGHEM (P.), 1893. — Sur la classification des Basidiomycètes. *Journ. Bot.*, **7**, p. 77-87.
- VERNET (A.), 1945. — La sécheresse de printemps dans le Languedoc méditerranéen. *Progr. Agric. Vitic.*, 17-24 juin, p. 231-233.
- VIENNOT-BOURGIN (G.), 1933. — De quelques Uredinales rares ou nouvelles, observées dans le département de Seine-et-Oise. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric. Fr.*, **20**, p. 280.
- VIENNOT-BOURGIN (G.), 1933. — Notes sur quelques Uredinales et Ustilaginales observées en 1931-1932 en Seine-et-Oise (région Sud). *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric. Fr.*, **20**, p. 85-114.
- VIENNOT-BOURGIN (G.), 1949. — Les champignons parasites des plantes cultivées, 2 tomes, 1850 p. Paris, Masson.

- VOGLINO (P.), 1904. — Osservazioni sulle principali malattie crittogamiche sviluppatesi nell'anno 1904 sulle piante coltivate nella provincia di Torino e regioni vicine. *Ann. d. R. Acad. Agric. Torino*, 87 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **16**, p. 276-278).
- VOGLINO (P.), 1906. — I funghi più dannosi alle piante osservati nella provincia di Torino e regioni limitrofe nel 1905. *Ann. d. R. Acad. Agric. Torino*, **48**, 42 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **18**, p. 30-31).
- VRIES (L. de), 1940. — French english science dictionary, 1^{re} édit., 6^e impr., 546 p. New-York, Mc Graw-Hill.
- VUILLEMIN (P.), 1893. — Remarques sur les affinités des Basidiomycètes. *Jour. Bot.*, 7^e année, 9, 1^{er} mai, p. 164-174.
- VUILLEMIN (P.), 1912. — Les champignons. Essai de classification, 1 vol., 425 p. Paris, Doin.
- WAKKER (J. H.), 1892. — Untersuch. über den Einfluss parasitischer Pilze auf ihre Nahrungspflanzen. *Pringsheim's Bot.*, **24**, p. 499 (in TUBEUF, 1897, p. 386).
- WARD (H. M.), 1905. — Recent researches on the parasitism of fungi. *Ann. Bot.*, **19**, p. 1-54.
- WEBSTER (F. M.), 1894. — Notizen über 1893 in England aufgetretene Pflanzenkrankheiten. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **4**, p. 230).
- WEIMER (J. L.), 1917. — Three cedar rust fungi : their life histories and the diseases they produce. *Cornell agric. Expt. sta. bull.*, 390, p. 505-549.
- WETTSTEIN (R.), 1944. — Tratado de Botanica sistemática, 4^e édit., trad. par P. FONT QUER, XX, 1040 p., 709 fig. Barcelona.
- WILSON (M.) et BISBY (G. R.), 1954. — List of british Uredinales. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, **37**, fasc. 1, p. 61-86.
- WINTER (G.), 1880. — Verzeichniss der im Gebiete von Koch's Synopsis beobachteten Uredineen und ihrer Nahrungspflanzen. *Hedwigia*, **19**, p. 33-45, 53-60.
- WINTER (G.), 1884. — Die Pilze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, in RABENHORST's Kryptogamenflora, I band, 924 p., partic. p. 232-235.
- WOLF (F. A.), 1913. — Internal aecia. *Mycologia*, **5**, 303-304, fig.
- WOLF (F. A.) et WOLF (F. T.), 1947. — The fungi, 2 vol., 438 + 538 p. New-York, Wiley and Sons.
- YARWOOD (C. E.), 1939. — Relation of moisture to infection with some downy mildews and rusts. *Phytopath.*, **29**, p. 933-945.
- YARWOOD (C. E.), HALL (A.) et NELSON (M.), 1952. — Nutritive value of rust infected bean leaves. *Phytopath.*, **42**, p. 481.
- YARWOOD (C. E.) et HAZEN (W. E.), 1944. — The relative humidity at leaf surfaces. *American Journ. Bot.*, vol. 31, n° 3, p. 129-135.
- ZOGG (H.), 1949. — Ueber ein neues, Uredo-bildendes Gymnosporangium : *G. Gaeumanni* n. sp. *Ber. d. Schw. Bot. Gesellsch.*, **59**, p. 421-426, 6 fig.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	9
-------------------	---

PREMIÈRE PARTIE

I. — Le genre <i>Gymnosporangium</i>	13
Historique et systématique.....	13
Limitation	19
Cycles	22
Répartition.....	23
II. — Les espèces de <i>Gymnosporangium</i> et le milieu méditerranéen.	26
Végétation	26
Climatologie.....	29
Études mycologiques dans la région méditerranéenne ..	36
III. — Méthodes et Techniques.....	39

DEUXIÈME PARTIE

I. — <i>G. gracile</i>	53
II. — <i>G. confusum</i>	113
III. — <i>G. fuscum</i>	136
IV. — <i>G. clavariaeforme</i>	163
V. — <i>G. tremelloïdes</i>	184

TROISIÈME PARTIE

Comparaisons générales	191
Conclusions générales.....	196
Bibliographie	199

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté :

LES MOLLUSQUES PARASITES L'APPAREIL REPRODUCTEUR DES CUPRESSACÉES

VU ET APPROUVÉ :

Montpellier, le 15 Juin 1955.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

P. MATHIAS.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Montpellier, le 15 Juin 1955.

Le Recteur de l'Académie de Montpellier,

R. DOUCET.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 13-4-1956

Dépôt légal: 1^{er} trimestre 1956

